

免震基礎を有する第二摩耶大橋の地震応答解析

早稲田大学 学生会員 ○近藤 岳史
早稲田大学 フェロー 清宮 理

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。この橋梁の基礎部に免震構造を配し、被害低減を図る。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と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み絶縁することによって、構造物に入力される地震動のエネル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いる。

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。

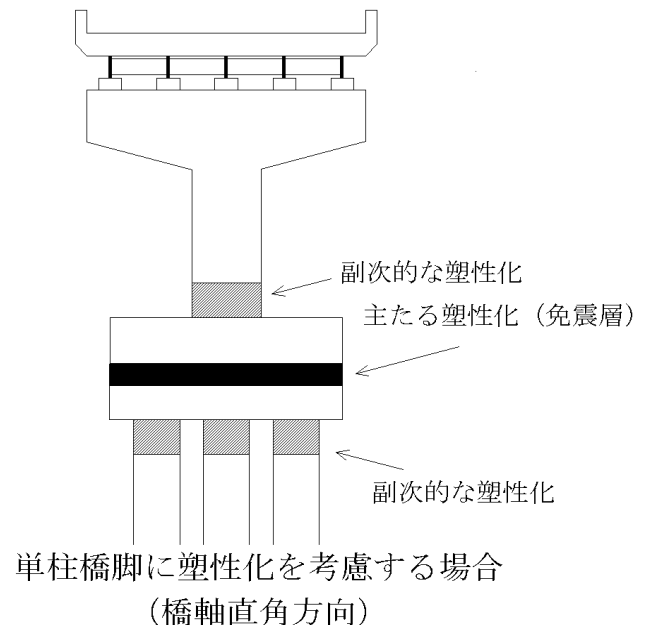


図1 免震橋脚の塑性化のイメージ

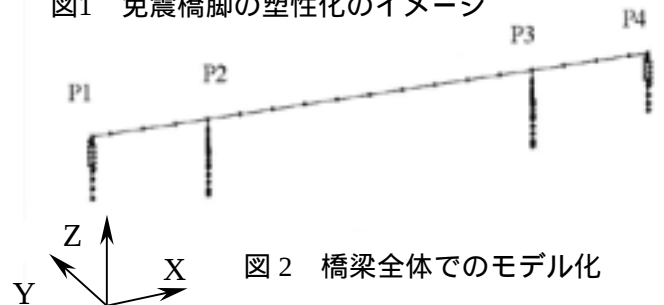


図2 橋梁全体でのモデル化

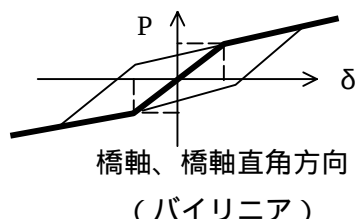


図3 免震層の非線形履歴モデル

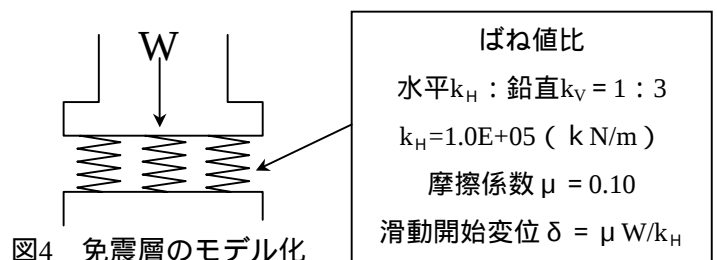


図4 免震層のモデル化

キーワード：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

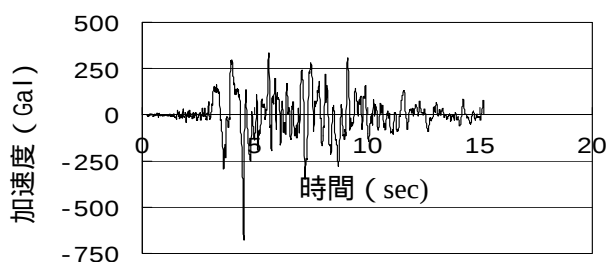


図5 入力地震動神戸ポートアイランド波

表1 橋脚天端部の応答値 (単位: m、m/s²)

橋脚天端	P1	P2	P3	P4
最大変位				
免震	0.3568	0.357	0.3578	0.3568
非免震	0.07695	0.1812	0.2056	0.09651
倍率	4.637	1.970	1.740	3.697
最大加速度				
免震	0.9112	0.5401	0.5162	0.9448
非免震	8.357	5.766	6.478	9.172
倍率	0.109	0.094	0.080	0.103

表2 支承部のせん断力 (単位: kN)

せん断力	支承部	P1	P2	P3	P4
橋軸方向	免震	0	108.0	108.0	0
	非免震	978.0	7820.0	6540.0	300.0
	倍率	0	0.0138	0.0165	0
橋軸直角方向	免震	292.0	621.0	560.0	300.0
	非免震	6300.0	8550.0	7510.0	7180.0
	倍率	0.0463	0.0726	0.0746	0.0418

表3 橋脚部のせん断力 (単位: kN)

せん断力		P2	P3			P2	P3
橋軸方向	段落とし部	免震	1.08E+02	1.08E+02	橋軸直角方向	1.68E+03	1.35E+03
		非免震	7.82E+03	6.54E+03		1.83E+04	1.75E+04
		倍率	0.014	0.017		0.092	0.077
	基部	免震	4.81E+02	4.77E+02		7.96E+03	6.80E+03
		非免震	9.32E+03	8.08E+03		4.10E+04	4.04E+04
		倍率	0.052	0.059		0.194	0.168

表4 橋脚部の曲げモーメント (単位: kN・m)

曲げモーメント		P2	P3			P2	P3
橋軸方向	段落とし部	免震	1.36E+03	1.33E+03	橋軸直角方向	7.88E+03	6.87E+03
		非免震	9.86E+04	8.05E+04		1.79E+05	1.71E+05
		倍率	0.0138	0.0165		0.0440	0.0402
	基部	免震	4.32E+03	4.13E+03		6.70E+04	5.30E+04
		非免震	1.77E+05	1.45E+05		5.69E+05	5.33E+05
		倍率	0.0244	0.0285		0.1178	0.0994

表5 橋脚各部の破壊状況

		橋軸方向				橋軸直角方向			
	種類	段落とし部		基部		段落とし部		基部	
		せん断	曲げ	せん断	曲げ	せん断	曲げ	せん断	曲げ
P2	非免震	○	○	○	○	○	○	破壊	—
	4基免震化	○	○	○	○	○	○	○	○
P3	非免震	○	○	○	降伏	○	○	破壊	—
	4基免震化	○	○	○	○	○	○	○	○

4.解析と結果 入力地震動は兵庫県南部地震において、ポートアイランドで観測された地震記録（加速度）の水平成分である。図5にその波形を示す。これを橋軸に対して直角方向に入力し、T-DAPを用いて解析を行った。解析結果は以下の表1～表5に示すとおりである。なお橋脚では特に被害の大きかったP2、P3の結果のみをここでは取り上げる。表1～表4に示すように免震基礎を挿入する事によって、各部の断面力を大幅に低減する事ができた。

一方で入力時の橋脚天端の最大変位が増加しているが、道路橋支方書において橋脚天端部の許容応答変位を40cmとしているので、その範囲内に収まっている。また表にはないが、その時の最大回転角は0.017rad（橋脚高20.75m）であり、これも回転角の許容値である0.025rad以内に収まっている。免震層では若干のすべりが生じたが残留量は20mmと非常に小さな値であった。

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断面力は大幅に減少した。また免震層を設置する事により上部工の変位やロッキングが生じるがいずれも平成8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。また免震層での残留すべり量も小さかった。

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