

橋脚基部を免震化した 2 層ラーメン高架橋の地震時動的応答特性について

九州大学大学院工学研究科 学生員○栗木茂幸 フェロー 大塚久哲
建設技術研究所 正会員 鈴木泰之 正会員 土田貴之

1. はじめに

近年、地震による慣性力を低減・分散させ、エネルギーを吸収することによって、地震動により発生する構造物の応答を低減させようとする免震構造の採用事例が増えつつある。

しかし、重心の高い 2 層ラーメンの高架橋のような構造においては、橋軸直角方向に大規模地震による慣性力が作用した場合に、免震装置には水平変形に加え、鉛直方向の変動軸力が生じることが推定される。¹⁾ 道路橋示方書耐震設計編²⁾ には、原則として免震設計を採用してはならない条件の一つに「支承に負反力が生じる場合」を挙げているが、根拠となる研究はほとんどない。そこで本研究では橋脚基部を免震化した 2 層ラーメン高架橋を三次元骨組構造としてモデル化し、免震支承に作用する変動軸力に着目した大規模地震時の動的応答特性に関して詳細に検討したので、その結果を報告する。

2. 解析モデル及び解析方法

本研究で対象とした解析モデルは、比較的軟弱なⅢ種地盤に位置していると仮定した図-1 のような構造寸法を有する全長 300m、支間 75m、の鋼製 2 層ラーメン高架橋の P1～P5 橋脚までの 4 径間を対象として、それらを線形梁要素によって構成した 3 次元骨組モデルである。橋脚基部の結合条件を剛結とした固定モデルと免震支承をモデル化したバイリニア型のバネ要素で繋いだ 2 種類の解析モデルを作成し、免震モデルについては、免震支承の力学特性が各種応答値に与える影響が大きいと考えられるため、降伏荷重比 (Q_d/W : 0.04、0.08、0.12、0.16、0.24、0.35、0.47 の 7 種類) 及び水平剛性低下率 (α : 0.154、0.115、0.077 の 3 種類) をパラメータとした。この際、水平方向の二次剛性の影響を検討するため水平方向の一次剛性は一定とした。また、基礎については地盤バネを考慮した。減衰については固有値解析より算出した歪エネルギー比例型減衰からレーリー減衰を定義した。入力地震動は、道路橋示方書 V に規定される標準加速度スペクトルに近い特性を有するように振幅調整された地震動タイプ I (Ⅲ種地盤、Max.433gal) 及びタイプ II (Ⅲ種地盤、Max.591gal) の 2 種類を橋軸直角方向に入力し、三次元時刻歴応答解析を行った。

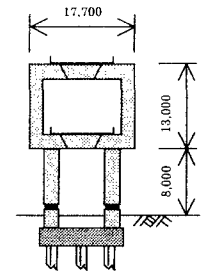


図-1 対象橋断面図

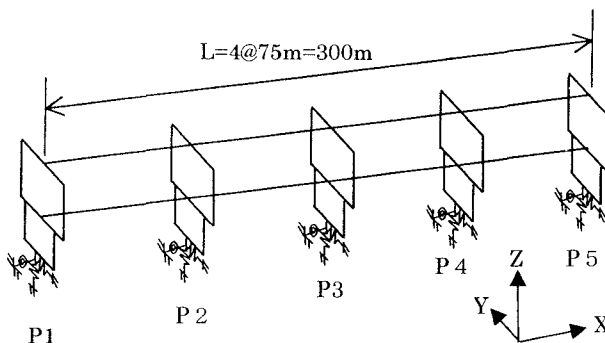


図-2 解析モデル (全体)

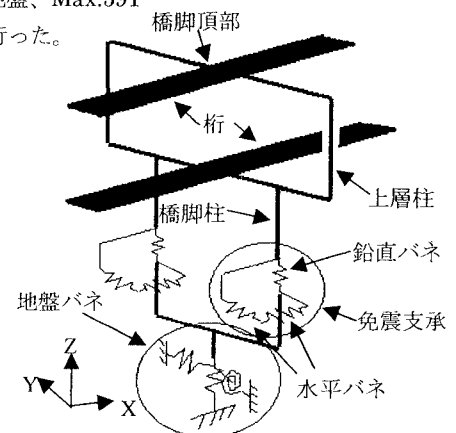


図-3 橋脚モデル

3. 解析結果と考察

図-4及び図-5にタイプⅠ及びタイプⅡ地震動を橋軸直角方向に入力した結果得られた、橋脚柱に作用する最大曲げモーメントの比較図を示す。

免震支承の力学的特性を適切に設定することができれば、橋脚に作用する最大曲げモーメントを低減させることができるがわかる。

降伏荷重比 (Q_d/W) を低下させることにより、比較的小さい地震入力から履歴減衰が生じ、効果的にエネルギーを吸収していること、また、二次剛性を低下させることによって、免震支承の水平方向のせん断変形が卓越するため、橋梁全体の回転変形を抑制することができ、その結果、免震支承に作用する引張軸力を低減させるとともに、上部構造の水平変位を低下させることができる。

表-1に、橋脚に作用する曲げモーメント及び免震支承に作用する引張軸力が最小のモデルと固定モデルの各種応答値を比較した。

免震支承に作用する最大引張軸力は38(tf)であり、引張面圧に換算すると、1.57 (kgf/cm²) となる。文献³⁾によると5.0 (kgf/cm²) 程度の短期的な微小引張面圧までは応力-歪関係もほぼ線形を保つと報告されている。よって、上記の程度であれば実際に使用可能な範囲であるといえる。

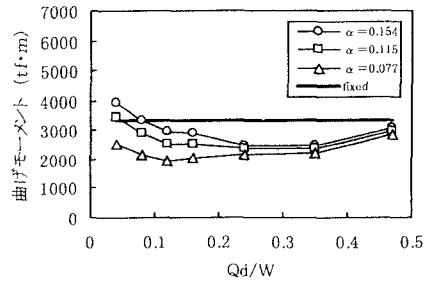


図-4 橋脚柱に作用する最大曲げモーメント (タイプⅠ)

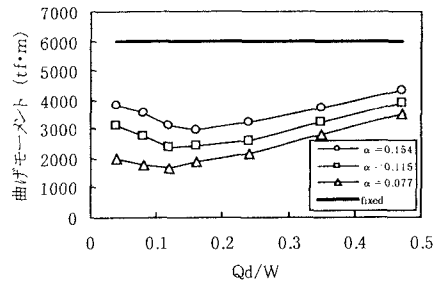


図-5 橋脚柱に作用する最大曲げモーメント (タイプⅡ)

表-1 時刻歴応答解析による最大応答値 (P3 橋脚)

応 答	部 位	Type I			Type II		
		固定モデル	免震モデル	比 率(%)	固定モデル	免震モデル	比 率(%)
加速度(cm/sec ²)	上 部 構 造	1119	916	82	1907	1176	53
変 位(cm)	上 部 構 造	5	77	1540	10	81	810
	免 震 支 承	—	69	—	—	70	—
曲げモーメント (tf·m)	橋 脚*1	3338	1880	56	5966	1909	32
	桁 中 心	3586	7166	200	6293	7814	124
せん断力(tf)	橋 脚 天 端	559	270	48	985	276	28
	橋 脚 基 部	423	239	57	956	279	29
引張軸力(tf)	橋 脚*2	463	16	3	1487	38	3

*1 橋脚全体で最大の応答値を比較した。*2 免震モデルでは免震支承に作用する引張軸力を比較した。

4. まとめ

鋼製2層ラーメン高架橋の基部に適切な力学的特性を有する免震支承を採用することによって、大規模地震時に発生する地震時応答を効果的に低減でき、経済的な断面設計が可能になる。また、免震支承に作用する負反力の発生を防ぐことはできなかったが、実際に架設可能な程度まで引張軸力を低減することができた。

参考文献 1) 林 秀侃、川北司郎：阪神高速3号線弁天工区の復旧事例、橋梁と基礎、Vol.30、No8、pp48～52、1996.11 2) 日本道路協会：道路橋示方書、同解説Ⅴ、耐震設計編、1996 3) 瓜生 満、西川孝夫：免震用積層ゴムの剛性、変形及び限界特性に関する研究（鉛直方向の特性）、日本建築学会構造系論文集、第477号、pp31～37、1995.11 4) 大塚久哲、栗木茂幸、朴 禎根、鈴木泰之、土田貴之：鋼製ダブルデッキラーメン高架橋の免震化に関する考察、構造工学論文集、Vol45A、1999.3 掲載予定