

I - B 127

都市部多径間連続ラーメン橋梁の線形動的応答解析

首都高速道路公団 正員 坪野寿美夫、 正員 三浦 正幸
松尾橋梁(株) ○正員 高橋 巖

1. はじめに

都市部においては多径間の立体ラーメン構造の橋梁が多く採用されているが、1995年に発生した兵庫県南部地震により動的応答解析による検討の必要性が高まってきており、各方面で耐震設計の見直しと供試体実験が行われてきている。

道路橋示方書では、地震時の挙動が複雑な橋梁に対して動的応答解析により安全性を照査することが望ましいとなっている。本報告で対象とした橋梁は首都高速道板橋足立線の一部で、曲線部3径間と直線部4径間から構成される剛結の立体ラーメン構造であり、上部工は1セルの箱桁、橋脚はラケット型もしくは二層ラーメンである。また、路線下には地下鉄が供用されているため、脚柱はラーメン構造の地中梁にて支持されている。本報告では特にこの地中梁の安全性および橋脚の耐震性の把握に着目して、3次元の線形時刻歴応答解析を行った。

2. 解析モデル

解析モデルは地中梁を含めた橋梁全体をビーム要素で構成している。また、通常規模の基礎を有する橋梁では動的相互作用の影響は小さいので、基礎～地盤系はバネとして評価するとともに地中梁に作用する土砂の影響は考慮しないものとした。

なお、上部工の詳細設計では解析で魚骨モデルを使用しているが、地震波を入力したときの慣性モーメントを考慮するため、1セル箱桁を格子状にモデル化し、ブラケットの先端にも質点を振り分けてその影響を加味することとした。

3. 解析フロー

初めに解析モデルの適正度を確認する意味と後の解析に反映させる目的で、自重解析を行い、つづいて全体系に対する振動数とモード性状を把握するための固有値解析を行った。なお首都公団の耐震基準には有効質量比は95%以上と規定があるが、解析モデルが大規模なため90%以上とした。

次に、応答変位、応答加速度、応力度が最大になる時刻で、抽出した着目点における応答値を算出するために、モード法による線形時刻歴応答解析を行った。(図1参照)

4. 地震波の入力

地震波形は本工区がⅡ種地盤であることから、(社)JR 総合研究所より借用した、JR 鷹取駅の地震波形を用いることとした。成分はN-S成分、E-W成分、U-D成分の3成分を道路線形の接線に平行な方向と直角な方向を入れ替えた計4ケースの地震波形を入力して、構造に最大負荷を与える地震波入射方向を決定した。

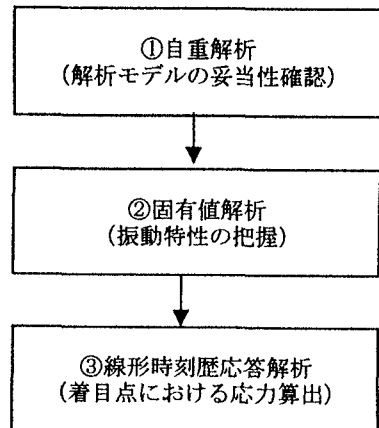


図1 解析フロー

キーワード：ラケット橋脚、線形時刻歴応答解析、地中梁構造

連絡先：〒276-0046 千葉県八千代市大和田新田 686-3 松尾橋梁(株)千葉工場設計部設計第一課

TEL：0474-50-1577 FAX：0474-59-5273

5. 解析結果

(1)固有値解析

1次モードの固有円振動数は 4.878rad/s 、固有振動数は 0.776Hz 、固有周期は 1.288 秒であり、図2よりJR鷹取駅の加速度応答スペクトルに着目すると、周期が1秒を過ぎたところでピークになっているので、解析対象としたこの橋梁は低次モードで地盤の振動と共振する範囲にあると考えられる。

本事例では、有効質量比の設定から100次モードまでの検討とした。（図4参照）

4次モードでは、図3より全体的に連成しているモードがみられた。曲線部においては脚に橋軸方向の曲げが発生しているが、直線部では橋軸直角方向の曲げが卓越している。

固有値解析は振動特性を把握するものであり、耐震性の良否については次の時刻歴応答解析から判断づける。

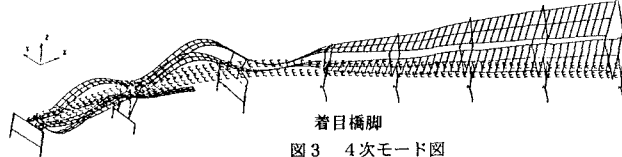


図3 4次モード図

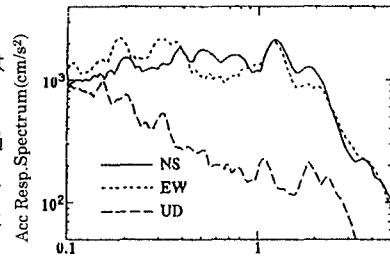


図2 JR鷹取駅記録の
加速度応答スペクトル

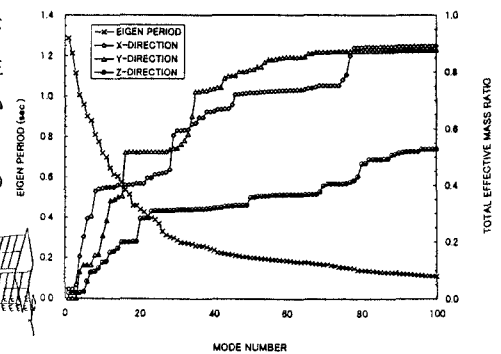


図4 モード次数と固有周期
および累加質量の関係

(2)線形時刻歴応答解析

隣接工区に対する仮定境界条件の影響が少ないと判断できる中央付近のラケット橋脚に着目する。橋脚上梁中心部の最大応答変位は 35cm ほどであるが、応答時刻は橋軸方向 2.82 秒、橋軸直角方向 4.87 秒となり、橋軸方向のほうが早い時間で最大応答に達する結果となった。また最大応答加速度は橋軸直角方向で 25.2m/s^2 になった。図示の応力算出点の地中梁では、中埋めコンクリートを充填することにより合成梁としての効果が期待できることで、大きな応力は発生していないが、中埋めコンクリート天端は塑性ヒンジになることが判断できた。

また、既往の文献により耐震性に期待できる効果点は以下が挙げられる。

- ①鋼とコンクリートの合成効果により、変形性能・じん性が増す。
- ②大きな圧縮力が作用しても外側鋼板により中埋めコンクリートの圧壊が防止される。
- ③梁～柱の隅角部におけるせん断遅れ現象は、中埋めコンクリートを充填することでほとんど現れない。

表1 着目橋脚における最大応力度と時刻

	中埋め天端	地中梁	地中梁左隅角部	地中梁右隅角部
応力度(kgf/cm ²)	808.3	42.3	220.9	216.3
時刻(s)	4.71	3.35	3.80	4.28

6. おわりに

コンクリート充填によるじん性向上処置によりエネルギー吸収能力が上がるので、地震荷重のような交番する繰返し荷重に対しても動的特性が改善されていることが確認できた。さらに、今回の解析モデルには反映していないが、地盤による拘束効果も脚壁の変形防止に期待できると考えられる。よって、地中梁については耐震補強の必要性は無いとの結論を得た。

（関連文献）多径間連続立体ラーメン橋梁の耐震性検討

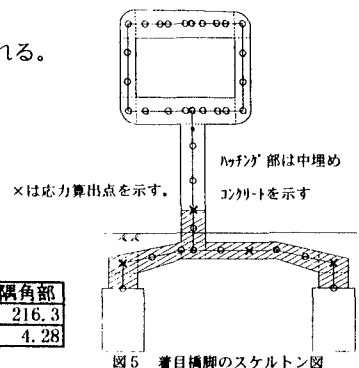


図5 着目橋脚のスケルトン図