

連成挙動を考慮した鉄道橋梁・高架橋群のモデル化法に関する基礎的検討

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 和田一範, 坂井公俊

1. はじめに 道路や鉄道の橋梁・高架橋は、桁や支承を介して複数の構造物が連続しているため、微動観測や余震観測などから得られる固有振動数などの振動特性は、隣接構造物の振動の影響を含んだ構造全体系としての値である。構造全体系を解析的に評価する方法としては、3次元の骨組モデル（以下、詳細骨組モデル）を構築することが有効であり、特定の構造物群を対象に評価した事例は多数存在する。このように連成挙動を考慮するのが地震時応答を精緻に評価するうえでは望ましいものの、全ての橋梁・高架橋群の3次元骨組モデルを構築するとなると、自由度が膨大になり、現実的な手段とはいえない。

そこで本稿では、鉄道橋梁・高架橋群の連成挙動を簡易かつ適切に表現できるモデル化法を検討する。具体的には、鉄道の耐震設計で用いられる設計振動単位のモデルを基本として、支承条件等に応じて連ねた簡易骨組モデルを構築して、詳細骨組モデルと挙動比較を行った。なお、本稿は基礎的な検討として、線形条件での比較である。

2. 検討内容 検討対象とする鉄道橋梁・高架橋群を図1に示す。直接基礎形式のラーメン高架橋3連（R1～R3）、橋脚1基（P1）が桁 Ct2～Ct4 と固定沓（Fix）、可動沓（Move）で接続される構造物群を対象とした。この詳細骨組モデルを図2に示す。モデル境界は、隣接桁 Ct1、Ct5 の質量の半分を考慮した。この詳細骨組モデルの橋軸直角方向の挙動を簡略化したモデルとして図3、表1に示す Case1～3 の簡易骨組モデルを検討する。Case1 は各構造物（R1～R3、P1）および桁（Ct2～Ct4）を1質点で表現し、支承部をせん断ばねで表現した。Case2 は上層梁・スラブ、桁を剛梁で表現するとともに、ラーメン高架橋の柱は起点側と終点側の2質点で表現し、支承部には鉛直軸回りの

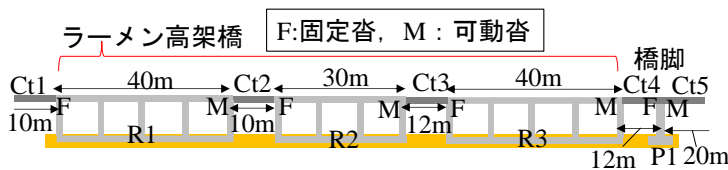


図1 対象とする鉄道橋梁・高架橋群

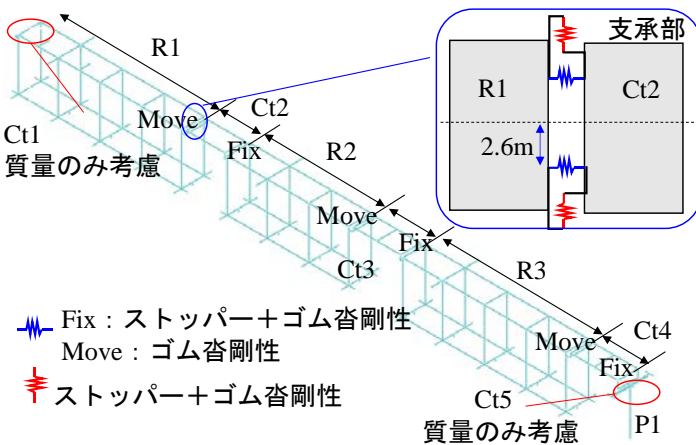


図2 対象とする鉄道橋梁・高架橋群の詳細骨組モデル

表1 簡易骨組モデルのモデル化方法

Case	ラーメン柱	橋脚く体	上層梁, スラブ, 桁	支承
1	1質点	1質点	1質点	せん断ばね
2	2質点		剛梁 (起終点に質量)	せん断ばね + 回転ばね
3	柱分の質点		剛梁 (各柱位置に質量)	せん断ばね + 回転ばね

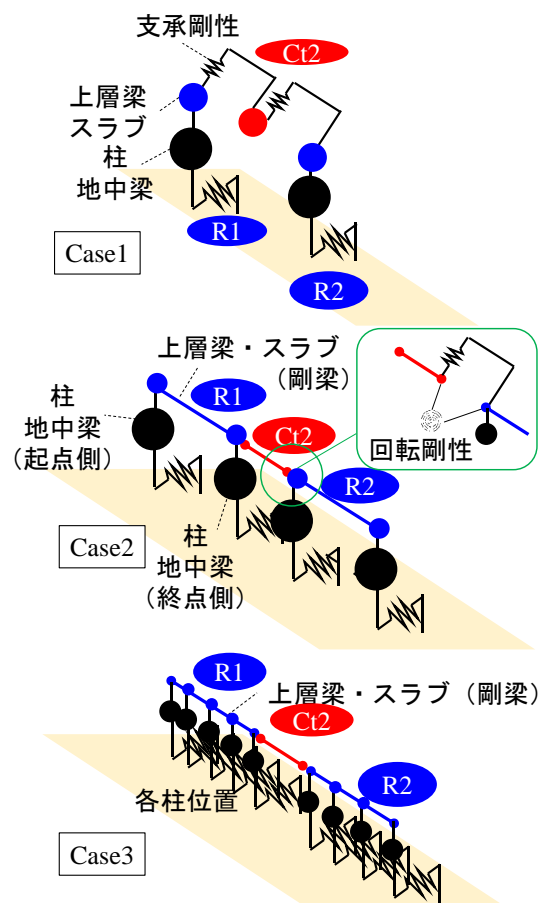


図3 簡易骨組モデルの検討ケース

キーワード 鉄道橋梁・高架橋, 連成挙動, 簡易モデル, 伝達関数

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7336

回転ばねを追加した。Case3は、桁および支承部のモデル化はCase2と同様であるが、ラーメン高架橋の各柱位置で質点を設けることで橋軸方向の質量分布も表現した。なお、ラーメン高架橋の柱・地中梁や橋脚く体を質点とせん断ばねに置換する際は、振動に寄与する質量として、柱・地中梁、橋脚く体の質量の40%を考慮し、設計振動単位での固有振動数と等価質量からせん断ばねの剛性を算定した。

各モデルの動的応答特性は、周波数特性が一定の入力波(図4)を橋軸直角方向に入力した線形動的解析から評価される伝達関数で比較した。

3. 検討結果 各モデルにおいてラーメン高架橋R1を1連だけ取り出した単体の構造モデルと隣接構造物と連成させた橋梁・高架橋群モデルの加速度応答波形を図5に示す。本図より、単体の構造モデルであれば、どの手法でも詳細骨組モデルを良好に表現できているのに対して、橋梁・高架橋群モデルの場合、Case1の再現性が低いことがわかる。これは、図6、図7に示す単体モデルおよび橋梁・高架橋群モデルの伝達関数からもわかる。すなわち、単体モデルは伝達関数が1自由度系に近い特性を有しており、全てのケースで詳細骨組モデルと整合している。一方で、橋梁・高架橋群モデルは、詳細骨組モデルが複数の卓越振動数を有しており、Case1の再現性は低い。Case2,3は詳細骨組モデルの主要な卓越振動数付近の傾向を表現できている。これは可動沓(Move)において、鉛直軸回りに回転する挙動(図8)をCase1では表現できないのに対して、Case2,3では表現できるためである。

4. おわりに 連続する鉄道橋梁・高架橋群の

連成挙動を簡易かつ適切に表現可能なモデル化法を検討した。その結果、支承部における鉛直軸回りの回転挙動を表現することで、ラーメン高架橋を起終点の2質点に集約した簡易なモデル化でも主要モードの挙動は捉えられることがわかった。今後は、より高次のモードや非線形挙動も含めた適切なモデル化法について検討する予定である。

参考文献 1) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計)，丸善出版，2012。

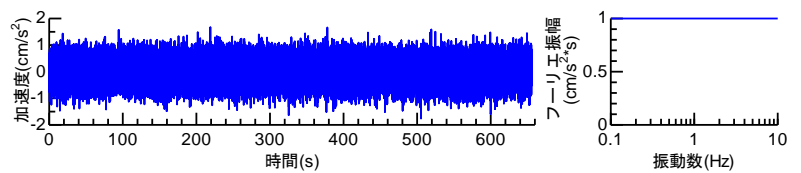


図4 入力波の時刻歴波形およびフーリエ振幅スペクトル

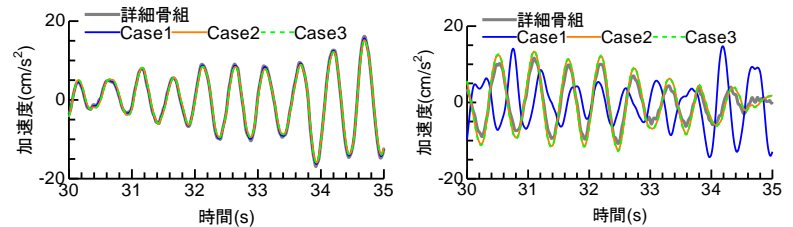


図5 R1の加速度応答波形例(左：単体，右：橋梁・高架橋群)

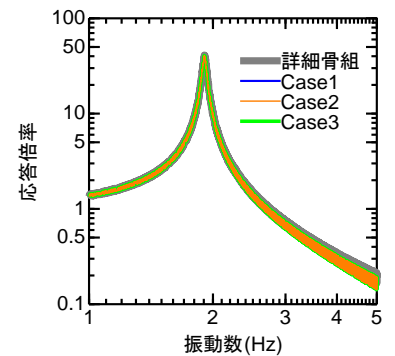


図6 R1単体の伝達関数

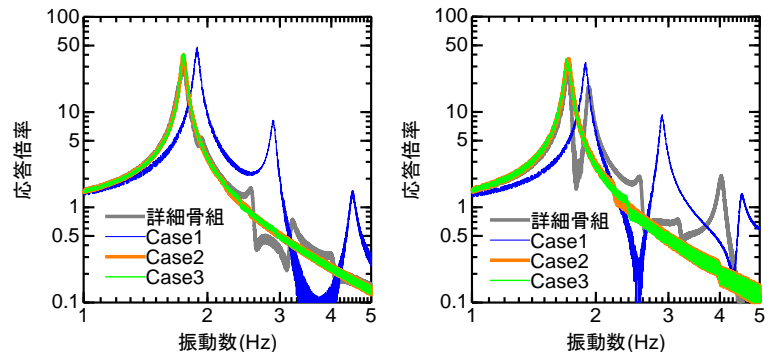


図7 橋梁・高架橋群の伝達関数の例(左：R1，右：R3)

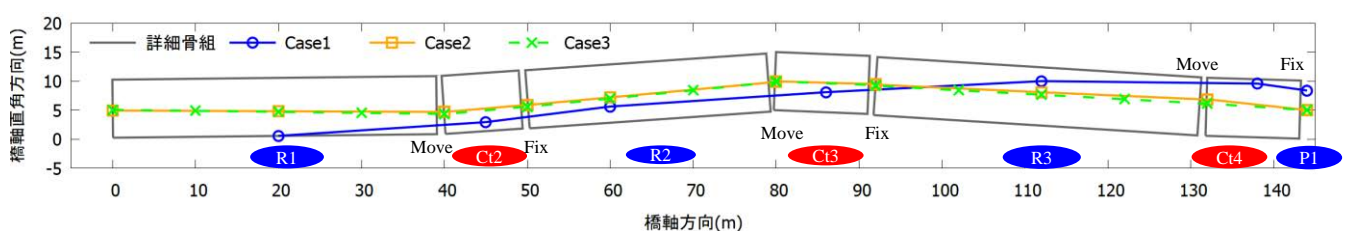


図8 各モデルの主要な固有モードの例(R2~R3付近が変形するモード)