

橋梁との共振影響を考慮した柱状付属物の加速度応答スペクトルの妥当性検証

阪神高速道路株式会社 正会員 青木康素, 正会員 曾我恭匡, 非会員 田中将登
 一般財団法人阪神高速先進技術研究所 正会員 宇野津哲哉, 正会員 杉山直也
 株式会社建設技術研究所 正会員 ○奥田貴矢, 正会員 松本崇志

1. はじめに

都市高速道路の高架橋には TV 支柱や照明柱といった交通管制や安全確保を目的とした柱状付属物（以下、付属物と略す）が多く設置されている。過去に、橋梁には大きな損傷が見られなくとも付属物が倒壊し交通が遮断された被災事例がある。この原因として地震時の橋梁と付属物の共振が考えられる。

付属物に作用する加速度を把握するために、橋梁とその上に設置された付属物との共振を考慮した共振加速度応答スペクトル（以下、スペクトルと略す）を作成している¹⁾。そのスペクトルの妥当性を検証するために、図-1に示す要領で橋梁を3次元非線形梁要素²⁾でモデル化して得られる付属物の応答加速度とスペクトルの値を比較した。

2. 共振加速度応答スペクトルの概要

スペクトルは、橋梁と付属物の非線形特性を考慮した1質点系モデルで作成した。橋脚はバイリニア型、付属物は静的な正負交番載荷実験³⁾から得られたトリリニアスリップ型の非線形特性を与えている。付属物の固有周期 T_p は、重量と剛性から定まる 0.440 秒（照明柱）、0.325 秒（TV 支柱）とし、スペクトルは橋梁と付属物の固有周期比に応じた付属物の応答加速度を示している。

3. 共振加速度応答スペクトルの妥当性検証

3.1 橋梁概要

対象橋梁は、阪神高速道路の3径間連続非合成板桁橋（P1～P4 橋脚）である。付属物は図-2に示すとおり、照明柱は上部構造の固定支点上、支間中央、可動支点上の3か所、TV 支柱は P1 橋脚天端の1か所に設置していると想定した。対象橋梁は III 種地盤に架橋されている。

3.2 橋梁の3次元解析モデル概要

検証に用いた橋梁の3次元モデルは、柱基部の塑性ヒンジ区間を完全弾塑性のバイリニア型とし、それ以外の要素は線形とした。各部材の質量は各要素断面に応じた質量を節点質量として離散的に与えた。柱部およびそれ以外の減衰定数はそれぞれ 0.02 および 0.05 とし、レイリー型減衰で設定した。基礎は完全固定とした。

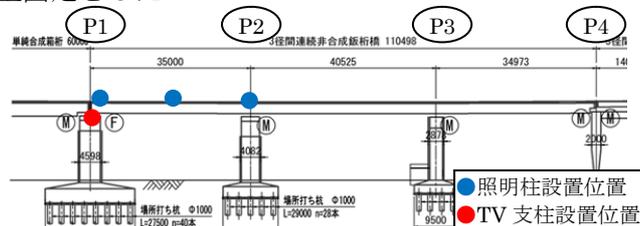


図-2 3次元モデル化対象橋梁概要²⁾

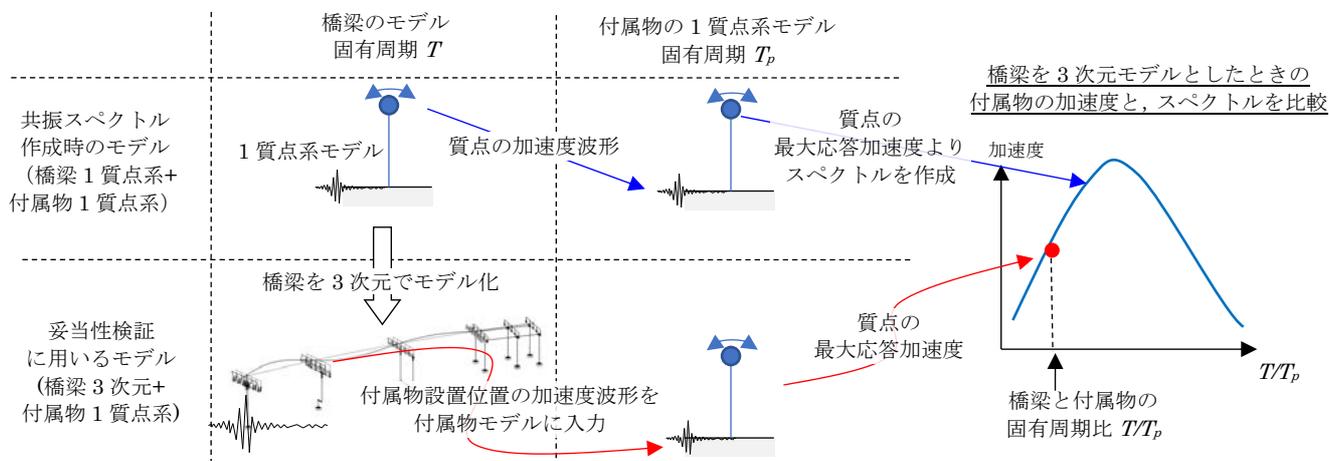


図-1 共振加速度応答スペクトルの妥当性検証概要

キーワード 柱状付属物, TV 支柱, 照明柱, 共振加速度応答スペクトル, 1 質点系, 動的解析
 連絡先 〒541-0045 大阪府大阪市中央区道修町 1-6-7 株式会社建設技術研究所 TEL 06-6206-5037

3.3 橋梁の1質点系モデル条件

橋梁の1質点系モデルにおける固有周期および降伏震度は、3次元モデルの値と一致させた。橋梁の固有周期 T は、橋軸方向 0.546 秒、直角方向 0.434 秒であり、降伏震度は P1 橋脚の橋軸方向 0.778、直角方向 0.950 である。非線形特性は、固有周期、降伏震度から定まる完全弾塑性のバイリニア型を与えた。

3.4 解析条件

地震動(H24 道示 I-III-1 波)は、付属物が共振を受ける方向に加振することとし、照明柱は橋軸方向（固有周期比 $T/T_p=0.546/0.440=1.24$ ）、TV 支柱は直角方向（ $T/T_p=0.434/0.325=1.34$ ）に加振した時の付属物の応答加速度をスペクトルと比較した。

4. 妥当性検証結果

4.1 照明柱の応答

橋梁の3次元モデルに対し橋軸方向に加振したときの照明柱の応答加速度と、スペクトルを比較した結果を図-3に示す。照明柱（固定支点上）の最大応答加速度は 3,513gal であり、スペクトルの値 4,352gal に比べ、約 20%小さい値となった。また照明柱の設置位置により応答加速度に差があることが確認されたが、これは図-4に示す橋軸方向の卓越振動モードから上部構造の鉛直たわみや回転により固定支点から離れる支間中央、可動支点上の応答が大きくなったためと考えられる。

4.2 TV 支柱（橋脚天端設置）の応答

橋梁の3次元モデルに対し直角方向に加振したときの TV 支柱の応答加速度と、スペクトルを比較した結果を図-5に示す。TV 支柱の最大応答加速度は 4,216gal であり、スペクトルの値 4,610gal と比較して、約 10%小さい値となった。

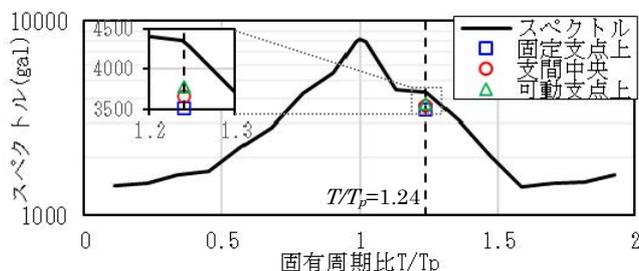


図-3 スペクトルと照明柱の応答加速度の比較

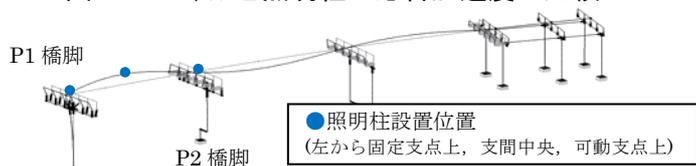


図-4 橋軸方向1次モード形状

4.3 橋梁の応答

橋軸方向に加振したときの3次元モデルのP1橋脚天端と、1質点系モデルの応答加速度を比較する。図-6にそれらの加速度波形を示す。概ね一致した加速度波形が確認されるが、最大応答加速度は3次元モデルでは772galに対し、1質点系モデルは832galと大きくなっている。この差により、スペクトルの値は橋梁を3次元モデルとしたときの付属物の応答と比べ、大きくなった。

5. まとめ

スペクトルの値は、橋梁を3次元でモデル化したときの付属物の応答と比較して、20%程度大きいのが概ね一致することが確認された。橋梁が1質点系モデルで表せられる複雑な構造ではない場合、1質点系モデルを用いて橋梁上に設置された付属物の共振時の応答加速度を十分把握できることが確認された。橋梁の固有周期と降伏震度の諸元が得られれば、その上に設置された付属物の応答加速度をスペクトルにより把握することができるため、地震時の付属物の損傷状態を評価することが可能となる。

参考文献

- 1) 田中ら：橋梁上に設置した柱状付属構造物の耐荷力評価に関する共振影響検討，土木学会第23回橋梁等の耐震設計シンポジウム，2021.1
- 2) 中西ら：2018年大阪府北部地震の観測記録を用いた立体ラーメンが隣接する3径間連続非合成鋼桁橋の地震時応答評価，土木学会論文集 A1，76巻4号，p. I_227-I_236，2020
- 3) 宇野津ら：橋梁上に設置した柱状付属構造物の耐荷力評価に関する実験的検討，土木学会第23回橋梁等の耐震設計シンポジウム，2021.1

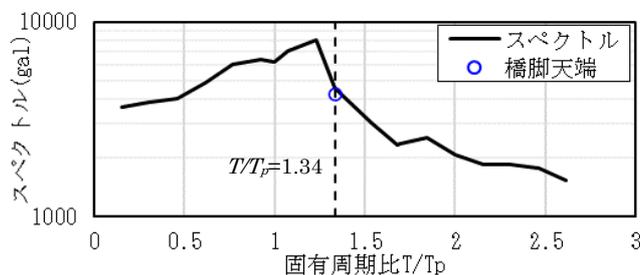


図-5 スペクトルとTV支柱応答加速度の比較

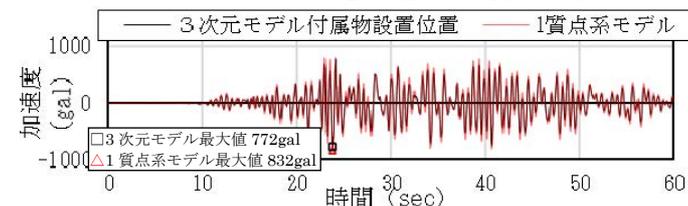


図-6 橋梁のモデルにおける応答加速度の比較