

異なる振動レベルにおける橋梁模型の振動特性の把握

宇都宮大学大学院 学生員 ○竹嶋竜司 川田工業 正会員 齊藤拓哉
 宇都宮大学大学院 フェロー会員 中島章典 一条工務店 非会員 齊藤廣太郎
 宇都宮大学大学院 学生員 リーム アルセナウイ

1. はじめに

橋梁構造物等の振動特性を計測する場合、振動データが容易に得られるという利点から常時微動を用いた振動計測事例が増えてきている。しかし、一般に構造物の振動特性は振動振幅の影響を受けることが知られており、特に常時微動のような微小振動下で得られた振動特性と、設計上問題となる実地震動のような大きな振動下で得られた振動特性との対応が疑問視されることがある¹⁾。

そこで本研究では、2本の橋脚と上部構造からなる橋梁模型を対象として、常時微動のような微小振動レベルから、実橋では揺らすことが難しい実地震動レベルまでの、異なる振動レベルにおける固有振動数および減衰定数を確認することを目的としている。実験においては、鋼製橋梁模型とRC橋梁模型を用いることで材料の違いが異なる振動レベルで得られる振動特性に及ぼす影響を検討し、また、それぞれの橋梁模型の橋脚基部の固定度を変化させ、橋脚基部の固定度が振動特性の振幅依存性に与える影響についても検討した。

2. 高架橋模型

(1) RC 橋梁模型

本研究では、図-1のような高さ1.4m、支間1.5mのRC橋梁模型を作製した。支承部はゴムと鋼板を用いて橋脚と桁を接続している。橋脚の設置方法は、フーチング部をH鋼梁とボルトで振動台に固定することで橋脚基部に高い固定度を有する状況を再現した。また、橋脚底面に砂を敷きその上に直接橋脚を置くことで直接基礎を模擬した状態についても検討した。

(2) 鋼製橋梁模型

RC橋梁模型の他に鋼製橋梁模型についても検討した。鋼製模型の高さは0.6m、支間は1.5mである。詳細は図-2に示す。支承部はRC模型と同様、ゴムと鋼板を用いて橋脚と桁を接続している。橋脚の設置方法も同様に、フーチング部をボルトで振動台に固定することで、橋脚基部に高い固定度を有する状況を再現した。また、橋脚基部の固定度が幾分低い状態についても検討するため、自重の軽い鋼製模型ではボルトと振動台の間に厚さ15mmの発泡性ポリスチレン板を挿入することとした。

3. 自由振動実験

橋梁模型の振動特性を把握するため自由振動実験を実施した。まず、独立状態の橋脚を想定し上部構造を設置しない状態を対象とした。独立橋脚状態では橋脚の頂部に加速度計を設置し、橋軸方向の加速度応答を計測した。また、逸散減衰に関するフーチングの動きを確認するため、フーチング上面にも加速度計を設置し、鉛直方向の加速度を計測した。加振は橋脚頂部にハンマーで瞬間的な外力を与え、段階的にその力を変化させることで異なるレベルの自由振動を発生させた。

独立橋脚状態での計測後、上部構造を設置し橋梁完成系

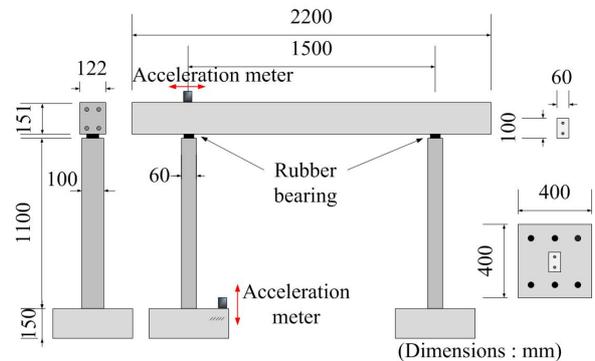


図-1 RC 橋梁模型

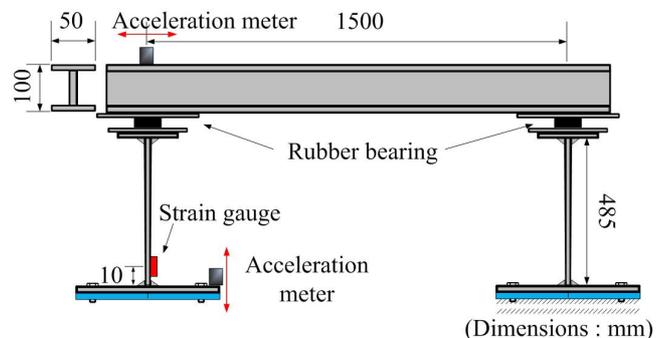


図-2 鋼製橋梁模型

について自由振動実験を実施した。橋梁完成系では桁の上部に加速度計を設置し、橋軸方向の加速度応答を計測した。また、独立橋脚状態の時と同じようにフーチング上面に加速度計を設置し、フーチングの動きを確認した。加振は上部構造部材にハンマーを用いて瞬間的な外力を与えた。

得られた自由振動波形の1例を図-3に示す。図-3の上段は鋼製橋梁模型桁上で得られた加速度波形であり、下段はフーチング上面で得られた加速度波形である。桁上で得られた自由振動波形の最大振幅値を読み取ることで、その振動のレベルとした。

4. 振動特性の同定

本研究では橋梁の振動特性として、固有振動数と減衰定数に着目した。固有振動数は独立橋脚状態であれば橋脚頂部、橋梁完成系であれば桁上で計測された自由振動波形に対してFFT解析を実施し、得られたスペクトルにおける最低次の卓越振動数を固有振動数とした。

減衰定数は固有振動数の前後5%をバンド幅として、得られた自由振動波形にバンドパスフィルタを施し、振幅と波数の関係より算出した。

5. 橋梁模型の振動特性

(1) 減衰定数

図-4に鋼製模型、図-5にRC模型の異なる振動レベルで算出した減衰定数を示す。上段は橋梁完成系、中段と下段は独立橋脚状態の結果であり縦軸が減衰定数、横軸が振

Key Words: 常時微動, 振動レベル, 橋梁模型, 固有振動数, 減衰定数

〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学大学院工学研究科地球環境デザイン学専攻 Tel.028-689-6210 Fax.028-689-6210

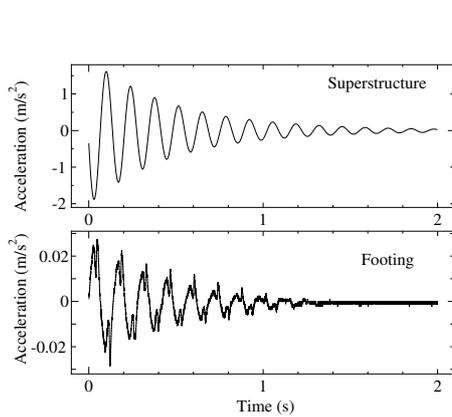


図-3 得られた自由振動波形の例(鋼製橋梁模型桁上)

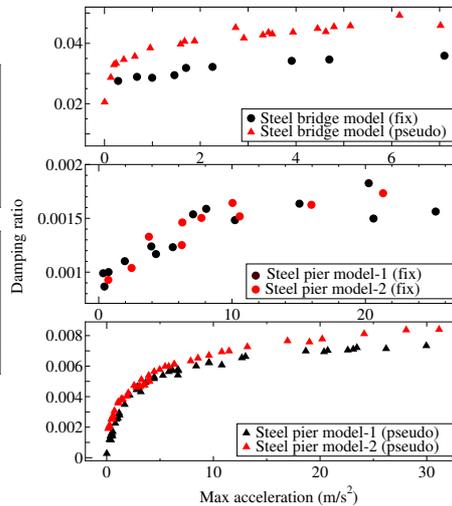


図-4 鋼製模型の減衰定数

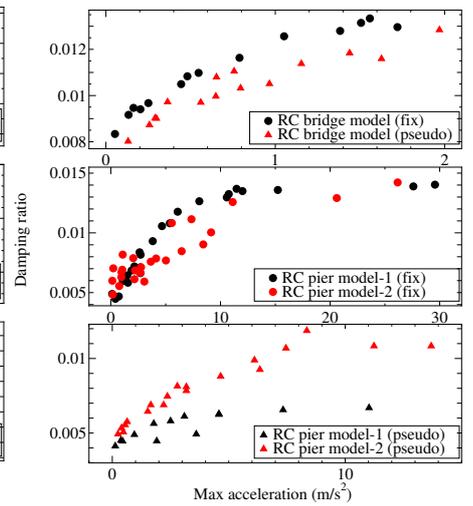


図-5 RC 模型の減衰定数

動レベルである。凡例として、橋脚基部を強固に固定した状態を「fix」、逸散減衰が生じるような状態にしたものを「pesudo」とした。

図-4に示すように鋼製模型の橋脚基部で逸散減衰が生じるような固定状態では、独立橋脚状態および橋梁完成系でも振動レベルが大きくなればなるほど減衰定数は増加している。しかし、図-4の上段および中段に示すように橋脚基部を強固に固定した場合には、材料内部減衰が支配的であると考えられ、振幅の増加に伴う減衰定数の増加はあまり大きくない。したがって、異なる振動レベルで減衰定数が変化する要因として、材料内部減衰よりも逸散減衰の影響が大きいことが考えられる。

一方、RC 模型においても振動レベルの増加に伴う減衰定数の増加傾向を確認することができる。しかし、RC 模型では鋼製模型とは違い、橋脚基部の固定状態に関わらずどちらの設置方法でも同様の増加傾向を示している。これは、RC 模型を振動台に固定する場合、振動台に H 鋼梁を挟んで設置せざるをえないため、必ずしも固定度は高くなく、振動レベルが増加するにつれて、H 鋼梁の振動が避けられず、これが逸散減衰を生じさせるためであると考えられる。また、独立橋脚状態の場合、RC 模型の方が減衰定数は大きい、橋梁完成系の場合には鋼製模型の方が減衰定数が大きい。これは、橋梁完成系の鋼製模型では振動レベルの増加に伴い支承部での減衰が大きいためであると考えられる。

(2) 固有振動数

図-6の上2段に RC 模型、下2段に鋼製模型の異なるレベルで算出した固有振動数と振動レベルの関係を示す。RC 模型、鋼製模型共に橋脚基部に逸散減衰が大きく生じるような設置状態の場合、振動レベルの増加に伴わずかながら固有振動数は減少する。一方、橋脚基部を強固に固定した状態ではほとんど固有振動数に変化は見られない。これは、橋脚基部の固定度が高い場合には、固定度が振動レベルの影響をあまり受けないのに対して、固定度が低い場合には、振動レベルが大きくなるとともに固定度が低下し固有振動数が減少したものと考えられる。したがって、後者の場合には減衰定数も大きくなると言える。

6. おわりに

本研究では、鋼製および RC の橋梁完成系模型とそれを構成する橋脚模型に対して、微小振幅領域から大振幅領域

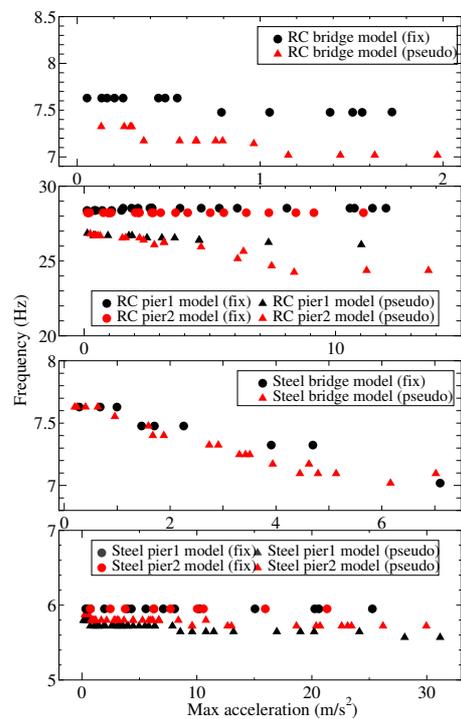


図-6 橋梁模型の固有振動数

における異なる振動レベルでの振動実験を行い、それぞれの固有振動数および減衰定数を調べた。その結果、振動レベルの増加とともに固有振動数は減少し、減衰定数は増加するが、この場合、振動レベルの増加に伴って固有振動数が大きく変化する場合ほど、減衰定数の変化も大きいことが確認された。

橋梁構造物の振動特性は、橋脚基部の状態が大きく影響するものと考えられる。今後は更に実験や解析を用いて、橋脚基部について検討が必要であると考えられる。

実橋梁についても異なる振動レベルで推定した振動特性を検討し、本研究で得られた結果を基にその対応を明らかにすることで、微小振動データをより有効に利用できるのではないかと考えられる。

参考文献

- 1) 岡内功, 宮田利雄, 辰巳正明, 佐々木伸幸: 大振幅加振による長大斜張橋の実橋振動実験, 土木学会論文集 No.455/I-21, pp.75-84, 1992.10.