

(I-1) 単純な橋梁モデルの固有振動特性に関する実験的研究

宇都宮大学 学生員 内川 直洋
宇都宮大学 正会員 中島 章典
宇都宮大学 正会員 斉木 功

1. はじめに

構造物の動的挙動を解析により正確に再現するためには、対象となる構造物のより正確なモデル化が必要である。

そこで本研究では、単純な橋梁モデル(図-1)を対象として減衰自由振動実験を行ない、得られた低次の各振動モードの固有振動特性、減衰特性などを調べた。そして、剛体ばねモデル(図-2)を解析モデルとして用い、その固有振動特性を精度よく再現することを目的とした。

2. 実験概要

本研究では、単純支持ばりを対象として加振機により1次から4次の各振動モードの振幅の腹となる部分に、その固有振動数に近い値をもつ正弦波を入力し共振状態を生じさせた。そしてその後、外力を取り除き減衰自由振動となった時の、はりのひずみ、可動支承の水平変位量を測定した。試験体概要は図-1に示すようである。はりのひずみは可動支承部より、スパン長200cmの25cmごとの点で測定した。また、水平変位量は、振動に影響を及ぼさずに測定出来る非接触式変位計を用いて測定した。

3. 実験結果

実験から得られた各振動モードの時間領域のデータをフーリエ変換して求めたスペクトルを図-3に示す。なお、図中には各モードの固有振動数の数値を示している。この図から、実験で計測した波形はいくつかの振動モードの複合波として得られることがわかる。ここで、2次モードを対象とした実験を例にすると、その波形は図-4のようであり、1次、2次モードの振動の複合波であることがわかる。

したがって、各振動モードごとの振動の特性を調べるためには、実験より得られたそれらの複合波を各モードごとの振動に分解する必要がある。そこで、各振動モードごとの波形がどのように減衰しているかを見るために、実験結果に数値フィルタ(バンドパスフィルタ)をかけ注目する振動モードの振動波形を取り出した¹⁾。その結果、1次モードは図-5のように直線的に減衰し、2次モードは図-6のように指数関数的に減衰するという差異が見られた。前者は摩擦減衰、

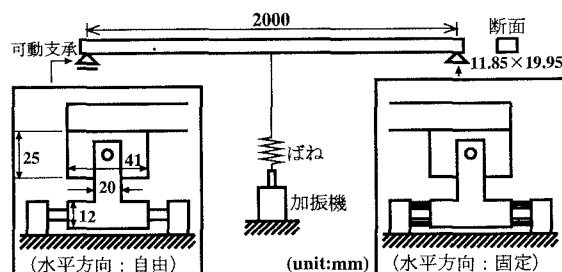


図-1 振動実験試験体

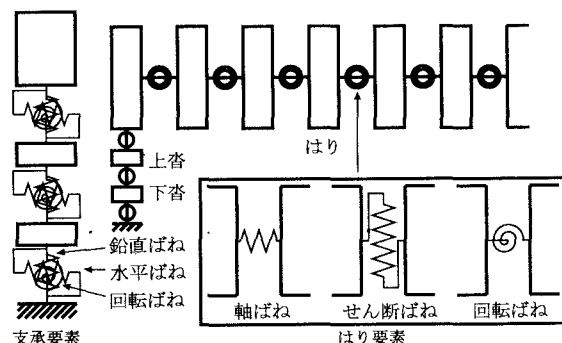


図-2 剛体間ばね要素

後者は粘性減衰の特徴的減衰特性であり、このことから1次モードは摩擦による減衰が支配的であり、2次モードは粘性による減衰が支配的であると考えられる。

また、1次と同じ対称モードである3次、2次と同じ逆対称モードである4次には、それぞれの減衰特性に同じ傾向が見られた。

実験から得られた可動支承の水平変位量は、対称モードである1次、3次では大きく、それに比べ逆対称モードである2次、4次では非常に小さい値となっていた。そのため、逆対称モードでは可動支承部の摩擦減衰が小さく、これらの振動モードごとの減衰特性の違いを生じさせたものと思われる。また、これらの結果は文献2)の解析結果と一致する。

4. 解析モデルおよび解析方法

本研究では、はりを橋軸方向に分割して、剛体とそれぞれ

Key Words: 振動実験, 固有振動特性, 減衰特性, 剛体ばねモデル

〒321-8585 宇都宮市陽東7-1, 2 宇都宮大学工学部建設学科 Tel.028-689-6208 Fax.028-689-6230

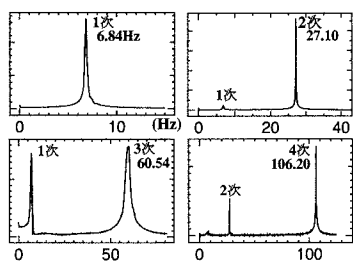


図-3 フーリエ変換より求めた各実験のスペクトル

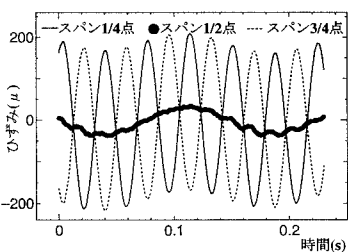


図-4 2次モードを対象とした実験の結果

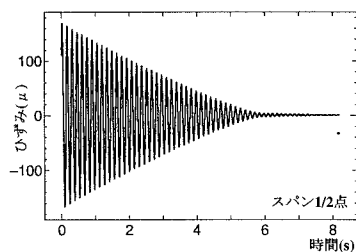


図-5 数値フィルタを用いて求めた1次モードの振動

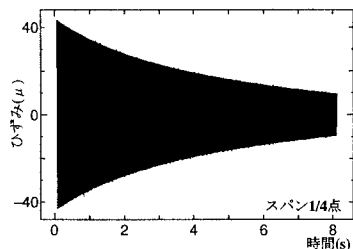


図-6 数値フィルタを用いて求めた2次モードの振動

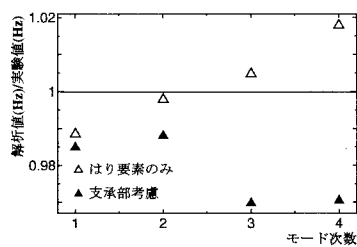


図-7 振動モードごと固有振動数の実験値と解析値の比較

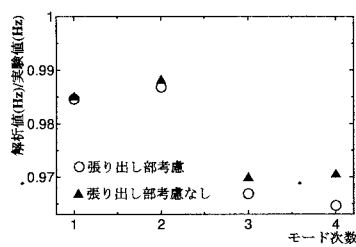


図-8 張り出し部考慮による実験値と解析値の比較

を結合するばねにモデル化した。剛体間に配置するばね要素を図-2に示す。はりの剛体間には、はり要素として軸、せん断および回転ばねを設けた。また、支承部は試験体に即して、2つの剛体と3組のばねでモデル化した。また、はり要素および支承要素の質量は、分割した剛体要素の重心点にその並進運動質量および回転慣性が作用するものとして算定した。なお、図-1に示すような単純支持ばりを解析モデルの対象とし、はりの橋軸方向分割数を40とした。

以上の解析モデルを用いて固有値解析を行ない、実験より得られた結果と比較検討した。また、はり部材の弾性係数 E として材料試験より求められた値、 198GN/m^2 を使用した。

5. 解析結果および考察

(1) 可動支承部のモデル化の検討

支承要素を考慮しないはり要素のみの解析値と支承要素を考慮した解析値を、実験値と比較したものを図-7に示す。縦軸の値は、それぞれの解析値を実験値で除した無次元量である。はり要素のみの解析値は、ベルヌーイ・オイラーばりに基づく解に対して、4次モードにおいても差異0.08%というほぼ一致した値となる。この解析値は図-7の結果を見ると、誤差の数値自体は小さいが、モード次数が大きくなると誤差が大きくなる傾向にあり、構造の動的挙動を正しくモデル化しているとは言えないと考えられる。

また、支承部を考慮した解析結果とはりのみの解析結果を比較すると、支承部を考慮すると各振動モードの誤差は-

定の傾向で変化していないことがわかる。つまり、支承部の水平運動質量、回転慣性は各モードの固有振動数にそれぞれ違った形で影響を及ぼしており、このことから構造の動的挙動を正しくモデル化するには支承部の正しいモデル化が重要な要因であることがわかる。

(2) 張り出し部分のモデル化の検討

今回の実験に用いた試験体も含め、実際の橋梁には支承で支持している部分の外側にはりが張り出している。そこで解析モデルの支承の外側に張り出し部分を考慮し、それらが固有値解析の値にどのように影響するかを検討した。図-8は張り出し部分を考慮した解析と考慮しない解析の結果を比較したものである。この解析結果はスパン200cmに対し片側2.5cmの張り出し部を考慮した結果であるが、この結果から高次になるほどその影響が大きくなるがわかる。

6. おわりに

本研究では、特に、固有振動数に着目し実験値と剛体ばねモデルを用いた解析値を比較した。それにより、精度的検討の余地はまだあると思われるが、構造物を精度よく再現したモデル化、また、各要因が振動数に与える影響などの検討を行なうことが出来たと思われる。今後は、これらの解析モデルをもとに減衰に関する検討を行なっていく予定である。

参考文献

- 1) 橋梁振動研究会：橋梁振動の計測と解析、技報堂出版、pp.33-48、1993.10.
- 2) 中島章典、土岐浩之：剛体ばねモデル解析を用いた桁橋の構造減衰特性に関する基礎的研究、構造工学論文集、Vol.44A、pp.793-800、1998.6.