

## I - B230

## 剛体ばねモデル解析による桁橋の構造減衰特性の検討

宇都宮大学 学生員 土岐 浩之  
宇都宮大学 正会員 中島 章典

## 1. 序論

構造物,特に,橋梁構造物の設計に際しては地震,風,交通振動などの動的問題に対処しなければならず,したがって様々な要因で起こる橋梁構造物の減衰を適切に考慮しなければならない.しかし,それぞれの減衰要因が橋梁構造物全体の減衰特性に個々に及ぼす影響については,幾つかの研究<sup>1),2)</sup>が行われているものの,未だに不明確な点が多い.

そこで本研究では,桁橋を対象として,鋼桁およびコンクリート床版の材料の内部減衰,可動支承部の摩擦力,ずれ止めの非線形挙動および摩擦力のそれぞれに起因する減衰要因を考慮し,その減衰の効果を組み込んだ剛体ばねモデルを用いて複素固有値解析を行い,桁橋の減衰性状の検討を行った.

## 2. 解析モデルおよび解析方法

本研究では,鋼桁とコンクリート床版を橋軸方向に分割して,剛体要素とそれぞれを結合するばねにモデル化した.剛体要素間に配置するばね要素を図-1に示す.鋼桁とコンクリート床版の同一部材の剛体要素間には,はり要素として軸,せん断および回転ばねを設けた.また,コンクリート床版と鋼桁の剛体要素間には,ずれ止め要素として鉛直ばねと水平ばねを設けた.さらに,支承部は実橋に即して,2つの剛体と3組のばねでモデル化した.そして,中段の回転ばねで回転ヒンジを,また下段の水平ばねで支承の可動および固定をモデル化した.次に,ダッシュポットを用いた減衰要素を図-2に示す.鋼桁とコンクリート床版の材料内部減衰を表すものとして鋼桁とコンクリート床版の同一部材の剛体要素間には軸,せん断および回転ダッシュポットを設けた.また,可動支承部の摩擦による減衰を表すものとして,支承要素の下段と基盤間に水平ダッシュポットを設けた.さらに,ずれ止めの非線形挙動および摩擦による減衰を表すものとしてずれ止め要素に水平ダッシュポットを設けた.

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.

以上の解析モデルを用いて,それぞれの減衰の粘性減衰係数  $C$  をパラメータとした複素固有値解析を行い,桁橋の構造減衰特性を検討した.

## 3. 解析結果および考察

## (1) 材料内部減衰

本研究では,図-3に示すような断面寸法およびスパンを有する単純合成桁橋を解析モデルとし,鋼桁および

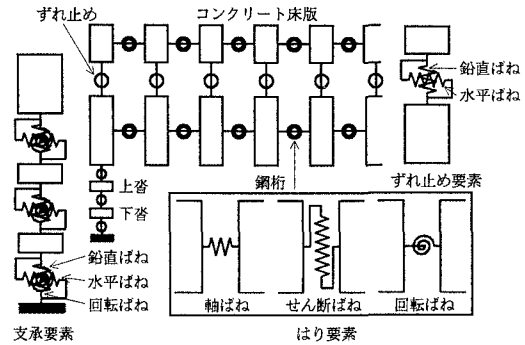


図-1 剛体間ばね要素

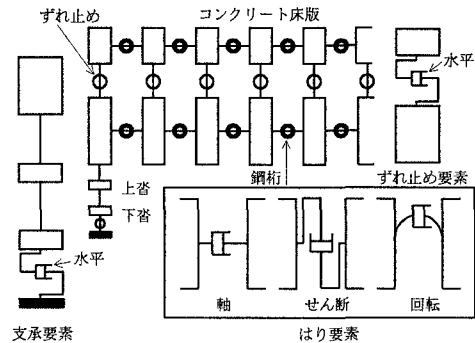


図-2 ダッシュポットを用いた減衰要素

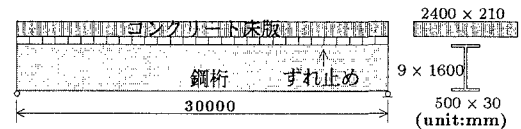


図-3 解析モデル

びコンクリート床版の橋軸方向分割数を30とした.そして,鋼桁およびコンクリート床版の材料内部減衰特性を把握するために,図-2に示すはり要素において,鋼桁およびコンクリート床版の軸,せん断,回転ダッシュポットそれぞれの粘性減衰係数を変化させて複素固有値解析を行った.ここで,鋼桁およびコンクリート床版の軸変形およびせん断変形に起因する内部減衰は,曲げに起因する内部減衰に比べ小さい値となったので,ここでは曲げに起因する内部減衰についてのみ検討する.図-4に鋼桁の回転ダッシュポットの粘性減衰減数  $C$  と桁橋の対数減衰率  $\delta$  の関係を示す.図-4より,鋼桁の曲げによる内部減衰がもたらす対数減衰率は1次振動で最も大きく,高次になるにつれて減少していることがわかる.これは図-7に示す解析モ

桁橋,複素固有値解析,構造減衰特性,摩擦減衰,剛体ばねモデル

〒321 宇都宮市石井町 2753 TEL 028-689-6208 FAX 028-662-6367

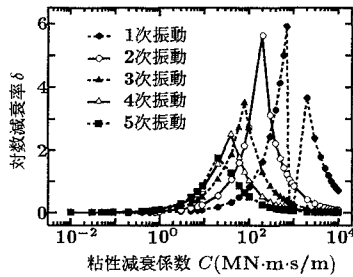


図-4 鋼桁部の回転ダッシュポットの粘性減衰係数と対数減衰率の関係

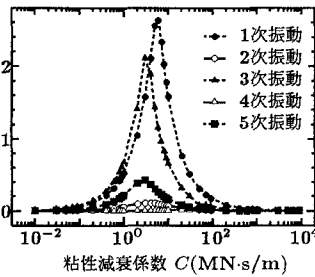


図-5 可動支承部の粘性減衰係数と対数減衰率の関係

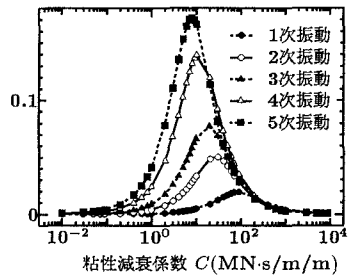


図-6 ずれ止め部の粘性減衰係数と対数減衰率の関係

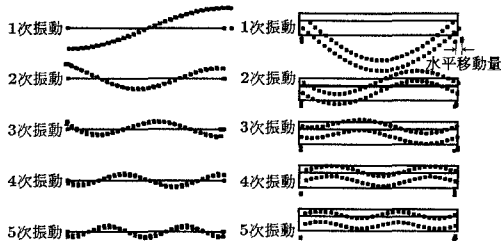


図-7 減衰を考慮しない回転角振動モード 図-8 減衰を考慮しない並進変位振動モード

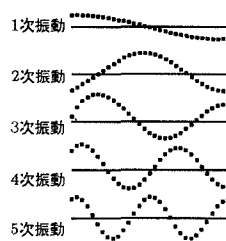


図-9 相対ずれ変位振動モード

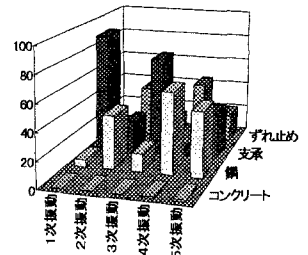


図-10 各減衰要素の減衰寄与率

デルに減衰を考慮しない回転角モードより、回転角振幅が1次振動で最も大きく、高次になるにつれ小さくなっていることより説明できる。また図-4より、ある粘性減衰係数の範囲で対数減衰率が急激に減少しているが、これは曲げ振動と縦振動が内部共振を生じているためであると考えられる。

## (2) 可動支承部の摩擦力に起因する構造減衰

可動支承部の摩擦力に起因する構造減衰を把握するために、図-2に示す支承要素の下沓と基盤間における水平ダッシュポットの粘性減衰係数を変化させて複素固有値解析を行い、可動支承部の摩擦力のみがもたらす構造減衰特性を検討する。図-5に可動支承部の摩擦力に等価な粘性減衰係数  $C$  と桁橋の対数減衰率  $\delta$  の関係を示す。図-5より、対数減衰率は1次振動で最も大きく、次に3次、5次の順になっていることがわかり、文献<sup>1)</sup>の結果と一致する。これは図-8に示す解析モデルに減衰を考慮しない並進変位振動モードより、水平移動量が1次振動で最も大きく3次、5次の順になっていることより説明できる。

## (3) ずれ止めの非線形挙動および摩擦力に起因する構造減衰

ずれ止めの非線形挙動および摩擦力に起因する構造減衰を把握するために、図-2に示すずれ止め要素に配置した水平ダッシュポットの粘性減衰係数を変化させて複素固有値解析を行い、ずれ止めの非線形挙動および摩擦力のみが桁橋の構造減衰特性に及ぼす影響を検討する。ずれ止めの非線形挙動および摩擦力に等価な粘性減衰係数  $C$  と桁橋の対数減衰率  $\delta$  の関係を図-6に示すが、この場合は前述の結果と異なり、対数減衰率は1次振動で最も小さく、高次になるほど大きいことがわかる。これは図-9に示す減衰を考慮しない相対

ずれ変位振動モードより、ずれ止めの相対ずれ変位量は1次振動で最も小さく、高次になるほど大きくなっていることより説明できる。

## 4. 各減衰要因の構造減衰寄与率の検討

これまで、各減衰要因を単独で考慮した場合の構造減衰特性を検討した。しかし、実際の減衰は各減衰要因が単独で作用するのではなく、各減衰要因すべてが総合的に作用している。そこで、実橋の挙動にほぼ即した粘性減衰係数を有する場合について各減衰要因が全体の構造減衰特性に寄与する割合を検討する。各減衰要因すべてを考慮したときの対数減衰率を100として、各減衰要因それぞれが単独に作用したときの対数減衰率を図-10に示す。これより1次、3次では可動支承部の摩擦力に起因する減衰が大きく、2次、4次では鋼桁の曲げあるいはずれ止めの非線形挙動および摩擦力に起因する減衰が大きいことがわかる。

## 5. 結論

1. 材料の内部減衰に起因する桁橋の構造減衰は、曲げ変形に最も支配される。
2. 可動支承部の水平移動量が大きい振動モードほど、可動支承部の摩擦力に起因する桁橋の構造減衰は大きくなる。
3. ずれ止めの相対ずれ変位量が大きい高次振動モードほど、ずれ止めの非線形挙動および摩擦力に起因する構造減衰は大きくなる。

## 参考文献

- 1) 米田昌弘：橋梁の可動支承部における...，土木学会論文集，No492/VI-23，pp137-145，1994.6
- 2) 山口宏樹他：斜張橋振動減衰のエネルギーの評価法と...，土木学会論文集，No543/I-36，217-227，1996.7