

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. はじめに

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、これらの問題を考える上では必ず、様々な要因で起こる橋梁構造物の減衰を考慮しなければならない。しかし、それぞれの減衰の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、桁橋の支点における摩擦、斜張橋における支点の摩擦、およびケーブルの挙動が減衰に及ぼす影響について調べられているものの¹⁾²⁾、設計実務においては、実橋における振動実験を通して得られた平均的な減衰の値が利用されているのが現状である。

本研究では、桁橋を対象として、支点の摩擦、ずれ止めの非線形挙動および摩擦によるエネルギーロスのそれぞれの要因が減衰に及ぼす影響を考慮し、その減衰のモデル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、減衰性状の検討を行った。

2. 解析モデル

本研究では、図-1に示すような断面寸法およびスパンを有する単純合成H桁橋および非合成H桁橋を解析モデルとした。そしてコンクリート床版と鋼桁を橋軸方向に30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-2に示す。コンクリート床版と鋼桁の同一部材の剛体要素間には、橋軸方向の軸力に抵抗する軸ばねとせん断力に抵抗するせん断ばね、さらに回転に抵抗する回転ばねを設けた。また、コンクリート床版と鋼桁の剛体要素間には、上下方向の力に抵抗する鉛直ばねと橋軸方向のずれに抵抗する水平ばねを設けた。支承は実橋に即して、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。一方、可動支承の摩擦減衰のモデル化として、図-2に示す支承要素の下咨と基盤の間に水平方向に抵抗するダッシュポットを設けた。また、ずれ止めの非線形挙動および摩擦によるエネルギーロスのモデル化としてずれ止め要素に水平方向に抵抗するダッシュポットを設けた。

3. 解析方法

本解析は、可動支承部の摩擦力、ずれ止めの非線形挙動および摩擦によるエネルギーロスに起因した桁橋

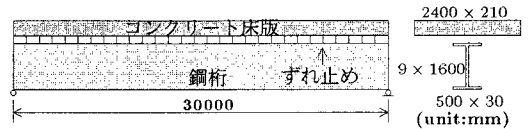


図-1 解析モデル

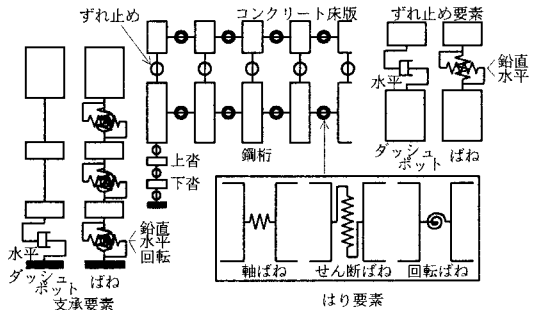


図-2 剛体間におけるばね要素および減衰要素の形状

の減衰特性を把握するために剛体ばねモデルを用いた複素固有値解析を行った。ここで、これら2つの減衰を等価粘性減衰係数 C_e を用いて、見かけ上の粘性減衰力に置換した。そしてモデル化したダッシュポットの等価粘性減衰係数を変化させ、大振幅（等価粘性係数の小さい領域）から小振幅（等価粘性減衰係数の大きい領域）にわたって対数減衰率を算定し、可動支承部の摩擦力、ずれ止めの非線形挙動および摩擦によるエネルギーロスに起因する構造減衰を検討した。

また合成桁橋および非合成桁橋のモデルの相違は、ずれ止め要素の水平ばね定数によって表現し、それぞれ 2.156 GN/m/m 、 0.49 GN/m/m とした。

4. 解析結果および考察

(1) 可動支承部の摩擦力に起因する構造減衰

合成桁橋をモデルとして、可動支承部の摩擦力に起因する減衰特性を把握するために、支承部におけるダッシュポットの等価粘性減衰係数を変化させて複素固有値解析を行った。ここでは、ずれ止めの非線形挙動および摩擦によるエネルギーロスは無視した。等価粘性減衰係数 C_e と可動支承部の摩擦力に起因した対数減衰率 δ の関係を図-3-aに示す。図からわかるように、可動支承部の摩擦力に起因した対数減衰率は、等価粘性減衰係数が大きくなるにつれ、増加し、ある等価粘性減衰係数の値で最大となった後減少する。

また図より、対数減衰率は1次振動で最も大きく、

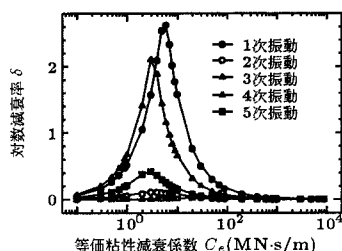


図-3-a 支承摩擦（合成桁橋）

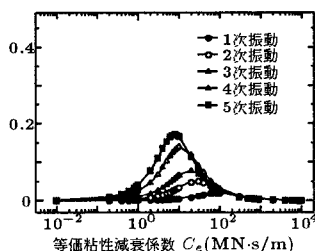


図-3-b ずれ止め部のエネルギーロス（合成桁橋）

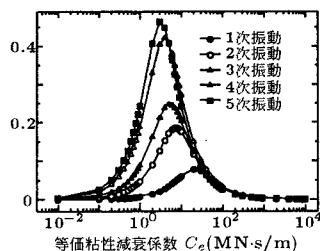


図-3-c ずれ止め部のエネルギーロス（非合成桁橋）

図-3 等価粘性減衰係数と構造対数減衰率の関係

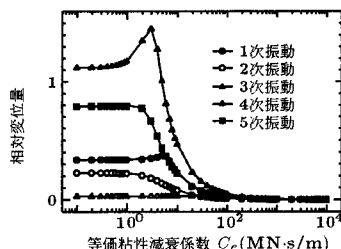


図-4 等価粘性減衰係数と相対変位量の関係

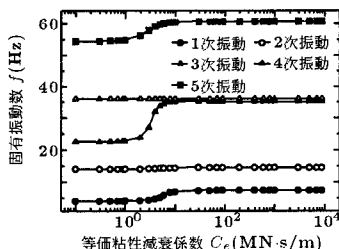


図-5 等価粘性減衰係数と固有振動数の関係

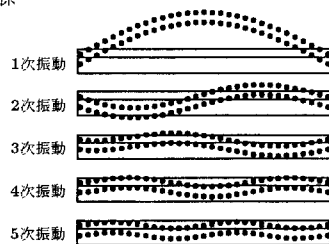


図-6 振動モード

次に3次振動，5次振動，2次振動，4次振動の順で大きくなっていることがわかる。これは逆対称振動に比べ，対称振動の方が可動支承部での水平移動量が大きいためであると考えられる。

(2) ずれ止めの非線形挙動および摩擦によるエネルギーロスに起因する構造減衰

ずれ止めの非線形挙動および摩擦によるエネルギーロスに起因する構造減衰を把握するために，ずれ止め位置に配置したダッシュポットの等価粘性減衰係数を変化させて複素固有値解析を行った。ここで可動支承部での摩擦減衰は無視した。合成桁橋および非合成桁橋について等価粘性減衰係数 C_e と，ずれ止めの非線形挙動および摩擦によるエネルギーロスに起因した対数減衰率 δ の関係を図-3-bおよび図-3-cに示す。両図より，この場合の対数減衰率は上述の結果と異なり，高次になるほど大きく，低次になるにつれて減少していることがわかる。これは，振動次数が高くなるにつれて鋼桁とコンクリート床版間のずれ変位量が増加するためであると考えられる。また，合成桁橋と非合成桁橋を比較すると，ずれ止め剛度の小さい非合成桁橋の方がずれ止めの非線形挙動および摩擦によるエネルギーロスに起因する対数減衰率は大きくなっている。これは，非合成桁橋の方がずれ止め剛度が小さいため，鋼桁とコンクリート床版間のずれ変位量が増加しているためであると考えられる。

(3) 可動支承部の摩擦力に起因した相対変位量

可動支承部の摩擦力に起因した相対変位量を検討するために，4.(1)の解析結果において可動支承部の水平滑り量と最大たわみ量に着目した。図-4に等価粘性減衰係数 C_e と相対変位量（可動支承部の水平滑り量の最大たわみ量に対する比）の関係を示す。図からわかるように，ある範囲で1次振動と3次振動の相対変位量が増加している。これはその範囲で，水平滑り量の減少の割合が，最大たわみ量の減少の割合に対して小さいためであると考えられる。

5. 固有振動数と振動モードの検討

図-5に合成桁橋の等価粘性減衰係数 C_e と固有振動数 f の関係を，図-6に減衰を含まない振動モードを示す。図-5より，水平移動量の大きい1次振動，3次振動および5次振動では，等価粘性減衰係数のある値で固有振動数が増加していることがわかる。これは，等価粘性減衰係数が大きくなるにつれて，可動支承部の水平移動量が抑制されるため，図-6に示す一端固定桁橋の振動モードが両端固定桁橋ような振動モードになるからであると考えられる。

参考文献

- 1) 米田昌弘：橋梁の可動支承部における...，土木学会論文誌，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的評価法と...，土木学会論文誌，No543/I-36，217-227，1996.7
- 3) 中島章典他：合成桁のずれ止め剛度の変化および...，構造工学論文誌，Vol.37A，1991.3
- 4) 日本道路協会：道路橋支保標準設計（ゴム支承・ころがり支承編），1993.4