

複合ラーメン橋の構造減衰の振幅依存性に関する研究

茨城大学 学生会員 ○清水 大地
茨城大学 フェロー会員 横山 功一

1. 背景・目的

近年、わが国では建設費・メンテナンスコストの縮減を目指し、少数I桁橋梁などの構造の簡素化を特徴とした合理化橋梁が広く普及しているが、長支間化に伴い耐風性の低下が懸念された。そこで、より長支間に適用可能な形式である複合ラーメン橋の採用が増えてきている。

しかし、複合ラーメン橋は新しい形式ゆえに、固有振動数や構造減衰率などの振動特性のデータが十分に蓄積されておらず、風による振動の検討が困難である。

また、従来形式の橋梁を含めた実橋梁における振動試験では、振幅の違いで振動特性に変化がみられたという報告があり、第二名神高速道路に設置されている池山高架橋(PC床版2主桁橋)では、振幅によって振動数・減衰率に大きな変化が確認されている。だが、現在の耐風設計では振動特性は、振幅によらず一定として取り扱われている。複合ラーメン形式の橋梁の振動特性に従来形式の橋梁以上の振幅依存性(振幅による影響)を有するのであれば安全性・使用性を確保した設計とはいえない。

そこで本研究では、平成21年に当日橋で行われた振動試験のデータを使用して、複合ラーメン橋の振動特性の振幅依存性について検討することを目的とする。

2. 複合ラーメン橋

複合ラーメン橋は、鋼主桁とRC橋脚とを剛結した形式で、剛性が向上したことにより、少数主桁橋に比べて長支間に対応できる。また、当日橋は橋長243 m (59.2 m, 61.0 m, 61.0 m, 59.2 m) の4径間連続複合ラーメン高架橋である。端部には高減衰ゴム(HDR)が用いられている。

3. 振動試験概要

社団法人日本橋梁建設協会では、当日橋を対象とした振動試験が行なわれた。本研究では自由減衰振動試験で得られた加速度記録を使用して解析を行なった。

4. 振幅依存性の解析

本研究では振幅依存性を検討するため、当日橋での自由減衰振動試験のデータを用いて解析を行った。

4.1 振幅依存性の解析手順

4.1.1 使用データのノイズ除去

振動試験により得られた加速度波形にはノイズが入り、うなりが見られてしまった。そこで、同径間の上り・下り線に対してになっている2つの加速度記録の平均値を解析に使用するデータとした。

4.1.2 固有振動数、構造減衰の算出

加速度の時系列波形のデータから波形の山を探索し、山の間隔(周期)の逆数を振動数とした。また、対数減衰率は、隣り合う山から1周期ごとに失われるエネルギーと減衰力の関係より算出した。

4.1.3 振幅と振動特性の関係のグラフ化

上記の方法で算出した振動数を1波ごとの振幅と対応させ、対数減衰率は波数と対応させて関係をグラフ化した。ここでは波数の増加は振幅の減少を表すものとする。

移動平均法を用いてグラフ上のばらつきを低減させ、さらに多項式近似により振幅の影響を確認した。今回の振幅依存性の解析では移動平均の区間は11データとした。

4.2 解析結果

4.2.1 固有振動数の振幅依存性

振幅が増加するにつれて、振動数が減少する傾向が見られた。しかし、約1%程度でしか変動しなかった。このことから、固有振動数の振幅依存性は小さいといえる。

4.2.2 構造減衰の振幅依存性

波数による対数減衰率の一定の傾向は確認できなかった。しかし、対数減衰率の近似式は、振幅によって9.5~31.8%の変動が見られた。この結果から、当日橋の対数減衰率は振幅依存性が大きいという結論が得られた。

また、他モードでは対数減衰率が0.04程度であったが、ねじれ3次振動のみ0.02程度の範囲での変動であった。

5. 振幅依存性の原因の検討

解析結果から構造減衰の振幅依存性は大きく、ねじれ3次振動の対数減衰率が他の振動とは異なった範囲の変動をしていることが確認できた。また、表1を見るとねじれ3次振動は、対数減衰率の多項式近似の最大値と最小値の差が最も小さく、振幅による影響が小さいといえる。

そこで本研究では、ねじれ3次モードが異なった対数減衰率となった原因を検討することで、構造減衰の振幅依存

キーワード：振幅依存性、固有振動数、構造減衰、対数減衰率

連絡先：〒316-8511 茨城県日立市中成沢町4-12-1 茨城大学工学部都市システム工学科 Tel0294-38-5177

性の原因特定の足がかりとなると考えた。

5.1 ゴム支承と振幅依存性

当日橋振動試験報告書では、ねじれ 3 次モードは端部変化しないこと、減衰が他と比べて小さいことから、端部の動きは減衰や固有振動数に影響する可能性がある。また、ゴム支承を用いた橋梁では微小振幅領域で設計値と実測値に違いが見られたという報告があり、ゴム支承が振動特性に与える影響の把握を目的とした研究も行われている。そこで既存の研究から当日橋に使用されている HDR と振動特性の振幅依存性との関係を検討する。

5.2 高減衰ゴムの性能

ゴム支承の性能試験報告書^{2) 3)}より、構造減衰の振幅依存性に影響すると考えられる実験結果を示す。

- 1) ゴム支承の動的回転ばね定数は、微小振幅領域で大きくなる傾向がみられた。
- 2) HDR の動的回転ばね定数は、一定の傾向は見られないが、変位によって変化することが確認された。
- 3) せん断ひずみ(100×水平変位／ゴム総厚)が増加すると、剛性および減衰定数が減少する。

5.3 端部の変位量

上記のように、HDR は水平方向の変位量や動的回転ばね定数によって剛性および減衰定数が変化することが確認された。そこで、当日橋の実測結果からゴム支承が設置されている端部の水平方向の変位量を確認した。

5.4 ゴムの性能を考慮した振幅依存性の検討

振幅依存性が見られた要因として、せん断ひずみと剛性・減衰の関係が考えられたが、ねじれ 3 次モードの水平方向変位ベクトルは他のモードに比べて小さな値となった。この結果と、せん断ひずみが増加すると、ゴム支承の剛性および減衰定数が減少する、という傾向は見受けられない。よって、せん断ひずみの増加による性能の変化は構造減衰への影響が小さいと推測した。

6. 結論

本研究では、安全性・使用性を確保した橋梁設計を目指し、複合ラーメン橋の振幅依存性についての検討を行った。得られた知見をまとめると以下ようになる。

1) 振動特性の振幅依存性

固有振動数、構造減衰ともに振幅依存性が確認できた。固有振動数は1%程度の変化しか見られなかった。一方、構造減衰は振幅による大きな変動が見られたため、構造減衰は振幅依存性を考慮する必要があるといえる。

2) 振幅依存性の原因の検討変位と HDR の性質から振幅依

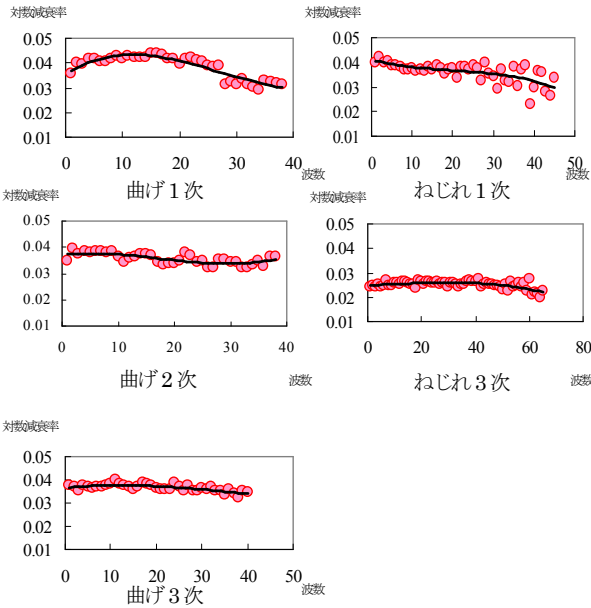


図1 当日橋 波数一構造減衰図

表1 当日橋 構造減衰の振幅依存性

	最大値	最小値	変動(%)
曲げ1次	0.044	0.0303	31.81
曲げ2次	0.0377	0.0338	10.52
曲げ3次	0.0375	0.034	9.45
ねじれ1次	0.0405	0.0298	26.4
ねじれ3次	0.026	0.022	15.38

存性について検討を行ったが、振幅によるゴム支承の性能の変化が振動特性に与える影響は小さいと推測した。また、ゴム支承の性能の変化による構造減衰への影響は小さいと考えられるので、材料の剛性や構造など、その他の因子が影響している可能性がある。

7. 参考文献

- 1) 社団法人 日本橋梁協会、財団法人 土木研究センター：複合ラーメン橋の振動特性に関する検討委員会 平成20・21年度報告書、2010
- 2) 日本橋梁協会 技術委員会 振動部会：ゴム支承を有する鋼桁振動特性に関する研究、2006
- 3) 袁涌，青木徹彦，青山和嵩：高減衰積層ゴム支承の動的特性に関する研究，2005. 3. 17