

第 部門 橋梁環境に注目した橋梁の交通振動性状とその制御に関する基礎的研究

大阪市立大学工学部 学生員 藤田 庸介 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 北田 俊行
 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 山口 隆司 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 松村 政秀
 大阪市建設局土木部橋梁課 非会員 寺田 昌広

1. 研究背景および、研究目的 近年、橋梁構造物が走行車輛の大型化や高速化により複雑な騒音・振動が発生し、その騒音・振動が沿道の家屋に伝播して、周辺家屋に影響を及ぼすという事例が増加しつつある。これらの現象は特に阪神・淡路大震災後、ゴム支承が採用される例が増加したため、顕在化したのではないとも言われ、住民からの苦情が増加している箇所もある。このような騒音・振動に起因した問題の解消には、まず、構造物の振動性状を把握することが求められ、それに基づいて有効かつ早急な対策を考えることが必要である。

本研究では、現時点で振動が問題となっている橋梁を対象に、その振動性状を現地で調査するとともに、有効な振動制御手法を数値解析により検討している。

2. 実橋梁の振動性状に関する現状調査 調査対象橋梁は、実際に住民からの苦情によって管理者による対策が実施、または検討されている橋梁（以後橋梁 A という）とした。調査内容は、周辺環境や、交通量を含めた現状の把握である。

橋梁 A の現状を写真-1 に示す。橋梁 A は主桁 19 本、横桁 11 本を有し、図-1 に示すように横桁が主桁と直交しておらず、スパンが 8.2m、幅員が 25m とスパンに比べ幅員が大きい 4 車線の鋼床版桁橋である。周辺環境は、住宅が密集しており、木造の家屋も見られる。バス路線に属し、大型車が頻繁に往来するなど交通量が多い。騒音は、主に伸縮装置のフィンガー部上部を大型車が通過する際に発生し、振動数の高い音であった。また、過去の調査結果¹⁾により橋梁の振動数は 13~15Hz が支配的であり、この振動数は窓の固有振動数との共振現象により振動苦情が発生していると考察されている。なお、後述する固有値解析の結果、この振動数は橋梁 A のもつ固有振動数（図-2）と近いことから、共振振動の可能性が高いと推定できる。

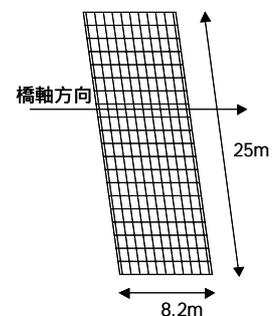


図-1 解析モデル

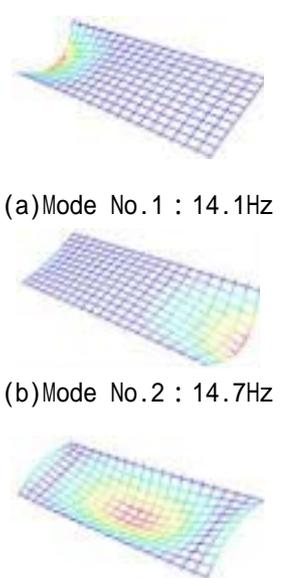


(a) 交通状況 (b) 橋梁周辺環境 (c) 伸縮装置上部

写真-1 橋梁 A の現状

3. 固有値解析に基づく振動制御方法の検討 解析モデルは、桁高が 300mm と低いため、床版をデッキプレートと I 桁にモデル化し、その I 桁をはり要素でモデル化した。解析モデルを図-1 に示す。有害となっている振動数と橋梁 A の固有振動数を一致させないように、すなわち、橋梁の固有振動数を 13~15Hz の範囲外にするよう振動性状を変化させる目的として、質量付加、桁剛性の改善、および、ばね部材追加の 3 つの振動制御方法を設定し、その効果を検討する。

3.1 質量付加による振動特性の変化 質量付加の場合、対象範囲の振動数が現れないためには全鋼重の 15% 以上の質量（約 8.25tf）を付加する必要があるとの結果を得た。この質量を実際に付加する方法は荷重増加の点からも非現実的である。



(c) Mode No. 3 : 15.6Hz

図-2 橋梁 A 振動モード

表-1 剛性変化モデル解析結果(単位:Hz)

Mode No.	Normal	パターン1	パターン2
1	14.1	12.8	11.7
2	14.7	13.2	12.0
3	15.6	13.9	12.7
4	18.3	16.8	16.3
5	24.8	24.3	24.6

表-2 端部ばねモデル解析結果(単位:Hz)

Mode No.	Normal	No Spring	Include Spring
1	14.1	14.2	14.2
2	14.7	15.5	15.7
3	15.6	19.1	20.8
4	18.3	23.3	28.7
5	24.8	28.0	32.5

No Spring:ばね要素なし Include Spring:ばね要素あり

表-3 端部ばね+付加質量モデル解析結果(単位:Hz)

Mode No.	Normal	パターン1	Include Spring	パターン1+Spring
1	14.1	12.8	14.2	13.8
2	14.7	13.2	15.7	15.4
3	15.6	13.9	20.8	20.4
4	18.3	16.8	28.7	28.7
5	24.8	24.3	32.5	32.7

表-4 横桁配置状態解析結果(単位:Hz)

Mode No.	横桁配置状態	
	橋軸と直角	橋軸と角度あり
1	16.0	14.1
2	16.7	14.7
3	17.7	15.6
4	20.7	18.3
5	27.6	24.8

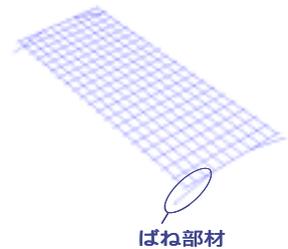


図-3 解析モデル

3.2 部材剛性の変化による振動特性の変化 3本の中央横桁の下フランジ厚(幅 250mm,板厚 12mm)を改善し,桁の剛性を変化させる方法を検討する.パターン1として,板厚を2倍,パターン2として幅を2倍,板厚を3倍に設定した.その結果を表-1に示す.なお,表中のNormalは元の断面の解析結果である.パターン1では,1~3次モードの固有振動数が低減できるが,2次および3次モードで対象範囲(表-1中の灰色部)の振動数が表れた.パターン2では,同表より,全てのモードに対して対象範囲の振動数が出現せず,有効な振動制御方法であると判断できる.

3.3 端部ばね部材追加および質量付加との併用による振動特性の変化 図-3に示すように端部にばねを追加する方法を検討する.端部に追加するばね部材のばね定数は,桁下空間における施工性を考慮し,JIS²⁾に従えばね定数を算出した.解析結果を表-2に示す.同表より端部にばね部材を追加することによって振動モードが変化するため振動数は増加するが,その効果は限定的であることがわかった.

次に,端部にばね部材を追加し,質量を付加した場合の結果を表-3に示す.同表より質量付加による固有振動数低減の効果と,端部ばね部材追加による固有振動モード形の変化により,固有振動数が変化し,振動特性をある程度制御できることがわかる.しかし,今回の検討範囲では有害な振動数が残り,有効な対策とは言えない

3.4 横桁の主桁に対する設置状態による振動特性の変化 橋梁Aは主桁と横桁とが直交していない構造である.そのため1次および,2次モードが桁端部に現れる特殊な振動モードを有していると思われる.そこで横桁と主桁とを直交させる方法を検討する.その結果を表-4に示す.同表より苦情対象の振動数が現れておらず,設計段階で考慮に入れるべき事項であるとの結果を得た.

4.まとめ 本研究により得られた結論を以下にまとめる.

1. 質量付加による制振は,可能であるが,少なくとも全鋼重の15%の質量付加が必要となり,現実的でない.
2. 下フランジの増厚により剛性を变化させた場合については,下フランジ幅2倍,厚さ3倍とした時に最もよい効果が表れる.なお,この場合の鋼重の増加は,質量付加の15%と同程度である.
3. ばね部材を追加した場合も,ばね部材を追加し,さらに質量を付加した場合も,その効果は限定的,あるいは有害な振動数が残り,有効な対策にはならない.
4. 横桁の主桁に対する配置状態を橋軸と直角にすることによって特殊な振動モードが変化し,それによって振動数も2Hz程度増加し,苦情対象の振動数が現れない.

今後は,橋梁Aの現状を現場計測で測定するとともに,制振対策を施した後にも現場計測を行い,その効果を計測する必要がある.また,端部に減衰効果を有する部材を追加した梁モデルによる時刻歴応答解析を行い,時刻歴応答からの検討も行う必要がある.なお,この研究は,大阪市立大学・平成16年度環境都市研究として補助を受けた「環境に配慮した橋梁の再生技術確立のための研究」の一環として行ったものである.

参考文献

- 1) 大阪市建設局資料:2004.2
- 2) 日本工業規格:JIS B2704, JIS B2709:2004