

UAV での音響計測による鋼鈑桁橋桁端部の局部振動特性把握による損傷検知に関する研究

横浜国立大学 学生会員 ○黒木 美央子
横浜国立大学 正会員 西尾 真由子
横浜国立大学 学生会員 伊藤 駿

1. 概要

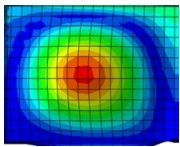
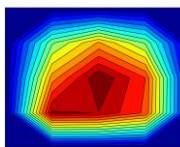
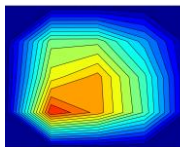
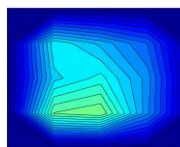
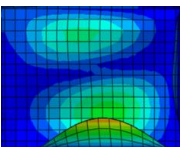
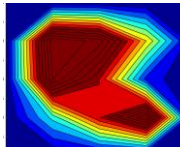
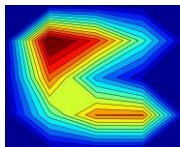
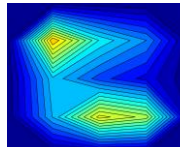
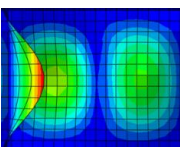
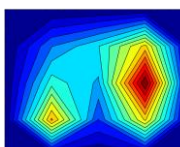
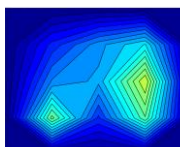
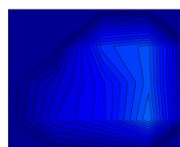
道路インフラの老朽化に伴い全国 15 万橋にものぼる橋梁で定期点検が行われているが、5 年に 1 度の近接目視による点検が義務付けられ、また現在の点検項目では損傷具合の定量的な判断や補修優先度の意思決定が困難であることが現状である。さらに、本研究で対象とする鋼橋は局所的な損傷が多く、これらは損傷が生じた部材での振動モードでしか変状を捉えることが出来ない。そこで、橋梁上を車両通過する際の衝撃力により腹板で励起される構造物音¹⁾をマイクロフォンで計測し、その振動応答から部材振動特性を把握し、損傷度診断を行う音響計測が実現すれば、点検業務の中で判断材料の一つとなると考えた。本研究では、音響計測により部材の損傷検知を行うことを目的とし、実験供試体桁端部周りでの構造物音の伝播特性を把握することで、具体的な計測方法を検討した。さらに、遠隔操作での橋梁点検を可能にする UAV (Unmanned aerial vehicle) を用いた音響計測の適用可能性についての検証を行った。

2. 音響による局部振動モード計測のための音響伝播特性把握

著者らは既往研究²⁾で、鈑桁橋の桁端部を模した鋼製供試体を作成し、構造物音を想定してハンマ加振で生じさせた打撃音をマイクで録音し、その音響データから鈑桁橋の局部振動モードである主桁ウェブの腹板 1 次および 2 次モードの固有振動数を捉えられることを明らかにした。本研究ではまず、音の発生の違いややそれを取得するマイク位置の違いの各モード検知感度への影響を検証した。3 つのマイクでアレイを作成し、3 次元的な音圧分布を各腹

表 1 腹板で励起される打撃音の音圧分布

板モードで表 1 のように導出した。この表より、構造物音は腹板局部振動モード形と同様に励起されていることがわかった。またモードによって腹板とマイクの距離が得られる音圧レベルに影響をうけることがわかり、実橋梁の近接目視点検などで計測を行う際には、腹板中央にマイクを 100mm 程度は近接させることが適切であると判明した。

	Analysis	Distance		
		100mm	200mm	400mm
腹板 1 次 (336.0Hz)				
腹板 2 次 (543.7Hz)				
腹板 2 次 (578.3Hz)				

キーワード：鋼鈑桁橋，音響計測，局部振動，損傷検知

連絡先：〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 TEL 045-339-4243 FAX 045-348-4565

次に、桁供試体の接合部のボルトを、左下のソールプレートからウェブにかけて段階的に取り外して桁端部に変状を与えたところ、図1で示すように各ピーク周波数が低下することがわかった。また、その低下の仕方に着目すると、取り外したボルトの位置と励起されるモード形に関係があると考えられ、各ピーク周波数の低下度合いによって損傷の位置や様子を把握できることが考察された。

3. UAVを用いた音響計測の適用に関する検討

次に、図2で示すようにマイクをUAVの上に取り付

けて打撃実験を行い、音響計測の適用性について検討した。この際、図3のように打撃音の他に、UAVのプロペラが回転することで生じる飛行音が音響データに含まれてしまう。そこでスペクトルサブトラクション(SS)法³⁾を用いて、飛行音を低減させた。図3の波形のうち、打撃音と機体がホバリング状態であるときの飛行音が混合している波形に対してSS処理を行い、その結果を図4に示す。打撃音と思われる波形が残り、これにFFT処理を行うと、図5で示すような桁供試体の振動特性が見られるようになった。これらを踏まえた上で、UAVを用いた音響計測による桁端部変状の検知を行い、その結果を図6,7に示す。概ね変状により周波数が低下していることを捉えられた。

4. 結論

以上の実験検証より、音響データによる実橋梁での損傷度診断の可能性と、マイクでの計測方法について明らかにすることが出来た。また、UAVでの音響計測による損傷検知の可能性について示すことが出来た。

参考文献

- 1) 鈴木信二, 竹田和信, 佐野千裕, 大西博文, 米沢栄二, 石渡俊吾, 植田知孝: 道路橋の低周波音の発生と伝搬特性, 騒音制御, vol.28, No.4, pp.291-297, 2004.
- 2) 黒木美央子, 西尾真由子: 音響計測による鋼鈑桁橋の部材振動特性把握に関する基礎検討, 構造工学論文集, Vol.62A, pp.250-258, 2016.
- 3) Boll, Steven.: Suppression of Acoustic Noise in Speech Using Spectral Subtraction, IEEE Transactions on acoustics, speech, and signal processing, 27(2), pp.113-120, 1979.

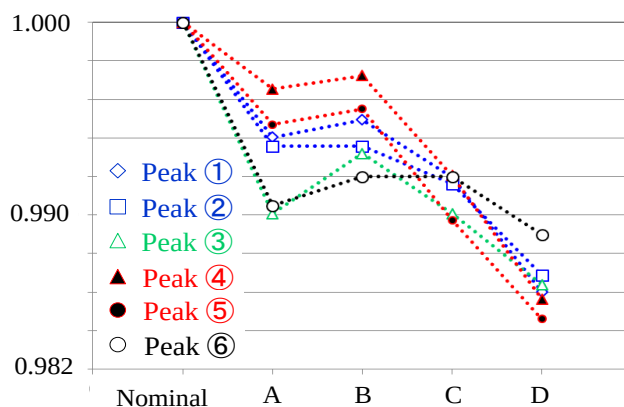


図1 桁端部変状による各ピーク周波数低下度



図2 実験の様子

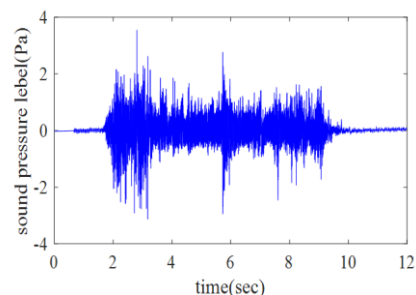


図3 計測データの波形

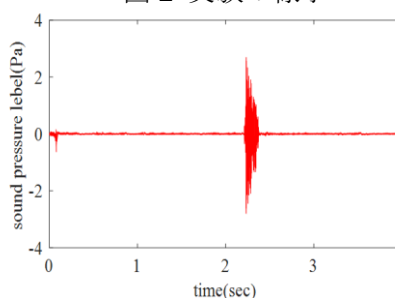


図4 SS処理後の波形

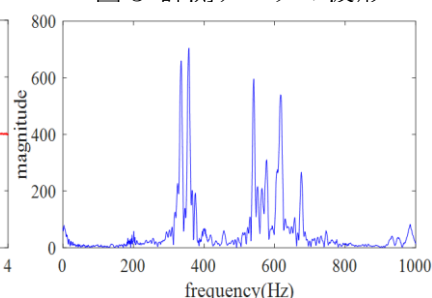


図5 SS処理後のFFT結果

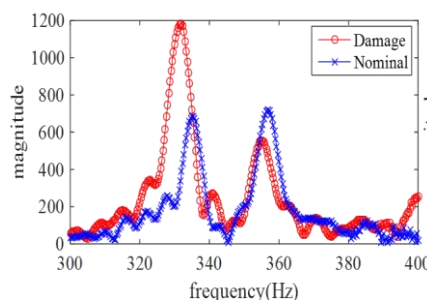


図6 桁端部変状でのFFT
(300-400Hz)

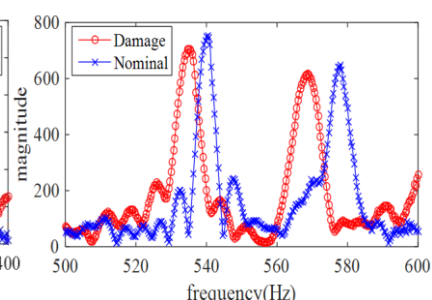


図7 桁端部変状でのFFT
(500-600Hz)