

レーザードップラ速度計を用いた振動計測による損傷検出

東京大学工学系研究科 学生員 熊坂 和宏 東京大学工学系研究科 正会員 阿部 雅人
東京大学工学系研究科 フェロー 藤野 陽三 東京大学工学系研究科 正会員 貝戸 清之

1. はじめに

昨年、構造物の損傷による事故が相次ぎ、構造物の検査の重要性が再認識されている[1]。特に定期検査や緊急検査では、目視・打音検査などの経験的・主観的な手法が主流であり、検査の信頼性および効率性を改善するためには、客観的かつ効率的な検査法が必要である。そこで、構造物の損傷を客観的に評価する定量的指標の1つとして構造物の振動特性に着目する。損傷により構造物の振動特性は敏感に変化するため、検査において振動計測を行うことは有効である。しかしながら、従来の振動計測では接触型の加速度計を用いるために、設置の手間と接触条件により結果がばらつくという問題がある。そこで、計測器にはレーザードップラ速度計を用い、非接触かつ多点での振動計測を実現することによりこれらの問題を解決した。本研究では、空洞を有する供試体を対象とした振動計測により空洞位置を検出し、損傷検出の可能性を検討した。

2. 実験概要

本研究に用いるレーザードップラ速度計の仕様を表1に示す。この計測器の大きな特徴は、レーザー光の照射角度を自動制御することにより、非接触かつ多点で効率的な振動計測ができることである。また、周波数帯域が広く分解能が高いことも特徴である。供試体には既成の建材用コンクリートブロックを用いた。図1のように、ブロック内の空洞の一部をモルタルで埋めた。そして、アングル材を用いてこの供試体を振動台の上に1辺固定支持した。

3. 鋼球打撃加振による空洞検出

3.1 空洞を有した供試体の振動特性

供試体の振動特性を調べるために、鋼球($\phi 15$, 13.7g)で打撃を与え振動を計測した。図1のように、打撃点と計測点をそれぞれ14点とした。例えば、打撃点 S_4 を打撃するときは計測点 M_4 で計測する、というように打撃点と計測点の添え字を対応させた。図2に示すように、空洞部とそれ以外の部分では振動特性が異なることが明らかである。そこで、空洞部に固有な振動を定量的に判断するためにパワースペクトルの面積比を用いることにした。面積比は、 A_i (各固有振動数 $\pm 50\text{Hz}$ 範囲の面積)と A_0 (全振動数領域の面積)の比とした。空洞部では、空洞のない部分に比べ振幅が大きいため面積比が大きくなる。図3より、4750Hz という振動数が空洞部固有の振動数であるといえる。

3.2 振動モード形を用いた空洞位置の視覚化

面的に空洞位置を検出するために、供試体表面の振動モード形を計測した。計測には2台のレーザードップラ速度計を用い、それぞれ多点計測用と基準点用とした。そして、2点間の伝達関数およびクロススペクトルから振動モード形を算出した[2]。計測点数は36点(水平方向9点、鉛直方向4点)、1点につき20回の繰返し計測を行った。その結果、4750Hzにおいて図4に示す振動モード形を得た。これにより、モード振幅比が大きい部分と空洞部の位置がよく一致していることがわかる。

4. 音圧を用いた非接触加振による空洞検出

検査の効率性と安全性の向上を目指して、非接触加振の適用性を検討した。スピーカからホワイトノイズを出力し、その音圧を加振力とした。そして、3.2と同様に2台のレーザードップラ速度計を用いて振動モード形計測を行った。計測点数は28点(水平方向7点、鉛直方向4点)、1点につき200回の繰返し計測を行った。図5に示すように、音圧を用いた場合でも、打撃加振と同程度の計測精度が得られることがわかる。

5. まとめ

本研究では、レーザードップラ速度計を用いた非接触な振動計測による空洞検出手法の第一段階を確立した。

キーワード：レーザードップラ速度計、振動計測、空洞検出、振動モード形

連絡先：〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 Tel：03-5841-6099 Fax：03-5841-7454

これは、非接触な振動計測により損傷の検出が可能であることを示唆している。また、非接触な加振方法の場合でも空洞を検出することができた。今後はさらに改善を重ね、実構造物の検査へ応用したいと考えている。

【参考文献】

- [1] 「土木構造物の点検・診断技術」，土木技術 54 巻 10 号，1999.10
- [2] 熊坂和宏：「レーザードップラ速度計を用いた振動計測による損傷検出」，東京大学卒業論文，2000.3

表 1 レーザードップラ速度計の仕様

Laser Type	He-Ne Laser
波長	633nm
レーザー出力／クラス	2.3mW/IIIa
計測可能距離	30cm～100m
分解能	0.5 μ m/s
計測可能周波数帯域	0Hz～35kHz
レーザー照射角度	-15～15 度

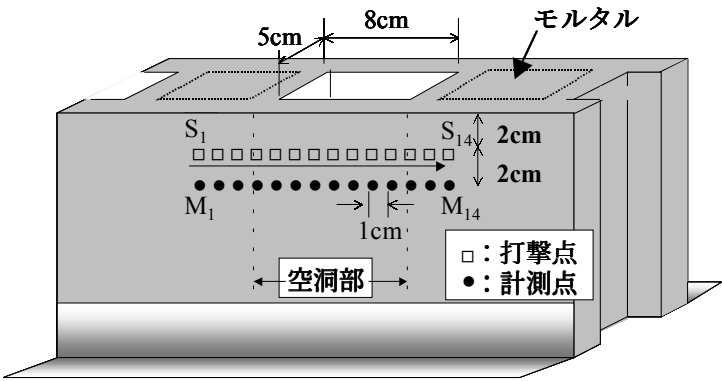


図1 コンクリートブロック供試体

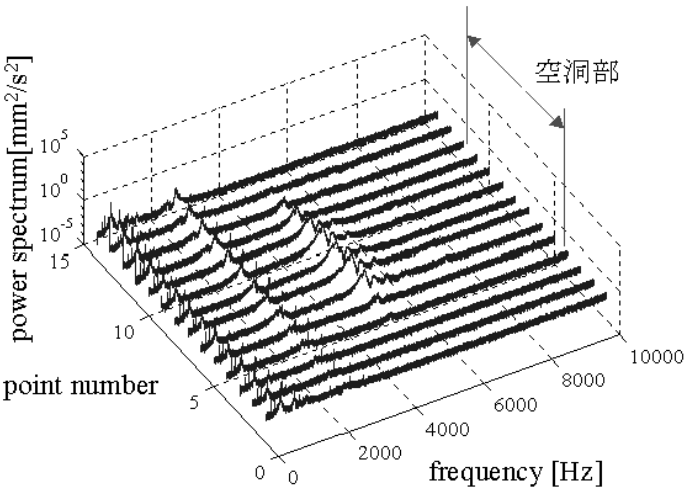


図 2 計測点ごとのパワースペクトル

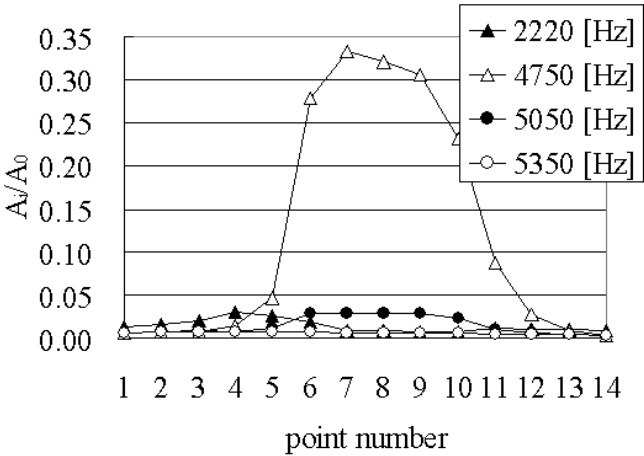


図 3 面積比

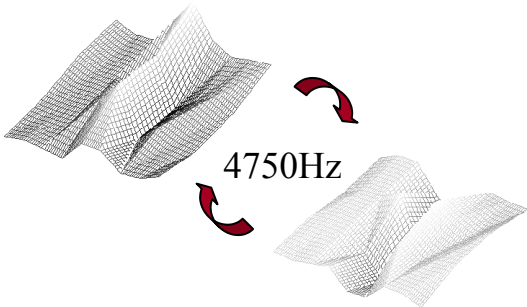


図 4 振動モード形（鋼球加振）

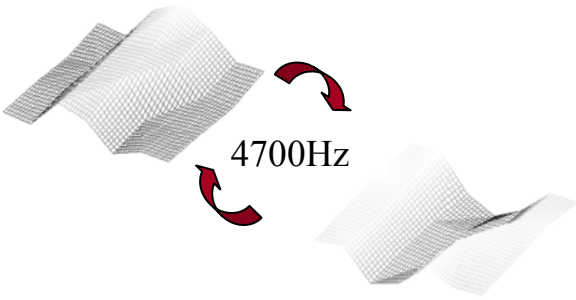


図 5 振動モード形（音圧加振）