

(V-4) 衝撃波を用いたレーザードップラ速度計による非破壊検査

東京大学工学部 学生員 熊坂 和宏
東京大学大学院工学系研究科 正会員 阿部 雅人
東京大学大学院工学系研究科 フェロー 藤野 陽三

1. はじめに

昨年の一連のコンクリート剥落事故を通じて、改めて構造物の維持管理の重要性が指摘されている。土木構造物の維持管理においては、供用中でも検査が可能な非破壊検査¹⁾が有効である。しかしながら、定期・緊急検査のような一次的な検査に用いられる非破壊検査は、目視、打音法などの経験的手法が主流であり信頼性が低い。従来の打音法では、音として振動を計測するため、どの点の振動を計測しているのかが不明確である。そこで、レーザードップラ速度計を用いれば、直接、物体の表面振動を測ることができるため、マイクロフォンよりも精度の高い振動計測結果が得られる。しかも、非接触で計測可能なため、計測器の設置にかかる負担が少ない。このようなことから、レーザードップラ速度計による非破壊検査が1次的な検査に有効であると考えられる。本研究では、空洞を有するコンクリートブロック供試体を鋼球で打撃し、空洞部と空洞がない部分の振動特性を分析し、空洞位置の同定を行った。

2. 実験装置

レーザードップラ速度計とは、ドップラ効果を利用し、対象物の振動を計測する光学機器である。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。この計測器の特徴は、①非接触で振動を計測できる、②レーザ光の照射角度を変えることによって、面的な情報が得られる、ということである。

図1のように、既製のコンクリートブロックの中央の空洞をモルタルで埋めたものを供試体とする。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辺固定支持する。打撃には、直径15mmの鋼球（重さ13.7g）を用いる。

3. 鋼球打撃による空洞位置同定

図1のように、左から右に向かって、打撃点（ $S_1 \sim S_{14}$ ）を1cm間隔で計14点とる。計測点（ $M_1 \sim M_{14}$ ）も同様に、計14点とる。例えば、 S_1 を打撃したとき M_1 で振動を計測する、というように打撃点の番号と計測点の番号が対応している。番号3と番号11が、それぞれ空洞部と空洞のない部分（健全部）との境界に相当する。供試体から10cm離れたところから振り子として鋼球を衝突させ、各計測点で1回ずつ計測を行う。FFT処理後、パワースペクトル密度をとる。図2に各計測点でのパワースペクトル密度を示す。図2から、空洞部において3700Hz付近に顕著なピークが生じていることがわかる。このピークは、健全部には見られないものであり、空洞部にある薄い平板の局所的な振動によるものだと考えられる。そこで、全パワースペクトル密度面積を A_0 、局

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

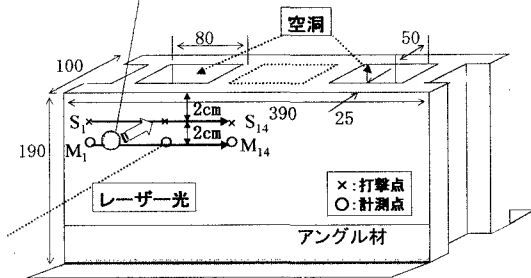


図1 供試体概要 (単位 mm)

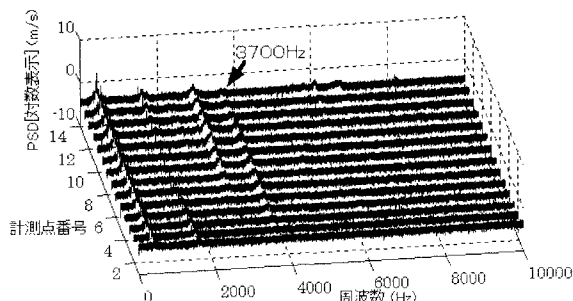


図2 各計測点におけるパワースペクトル密度 (PSD)

キーワード：レーザードップラ速度計、非破壊検査、空洞同定、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

所的な範囲（3500～4000Hz）におけるパワースペクトル密度の面積を A_1 、として面積比 A_1/A_0 をプロットしたものを図3に示す。面積比を用いる利点は、入力エネルギーのばらつきに結果が左右されないということである。図3によると、空洞部と健全部でスペクトル面積比が大きく異なることがわかる。したがって、振動特性を分析することにより、空洞の位置が推定できるといえる。

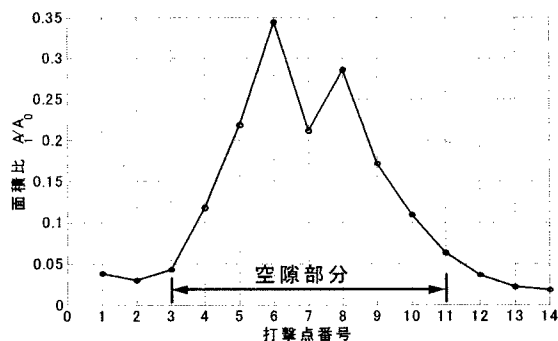


図3 パワースペクトル密度面積比

4. 振動モード形による空洞位置同定

空洞部の局所的な振動を得るために、振動モード形を利用する。

振動モード形計測には、レーザードップラ速度計を2種類用いる。1つは多点計測用であり、レーザの照射角度を自動制御している。もう1つは基準点計測用である。図4のように、x方向9点、y方向4点、計36計測点において、鋼球でランダムに打撃しながら各点につき20回の繰り返し振動計測を行った。そして、計測点と基準点との伝達関数から、振動モード形を求めた²⁾。前節と同様に、3700Hz付近の固有周波数に着目し、得られた振動モード形を図5に示す。その結果、振幅の大きい部分が供試体の空洞部と一致していることから、図5は空洞部のみの局所的な振動が卓越した振動モード形であるといえる。

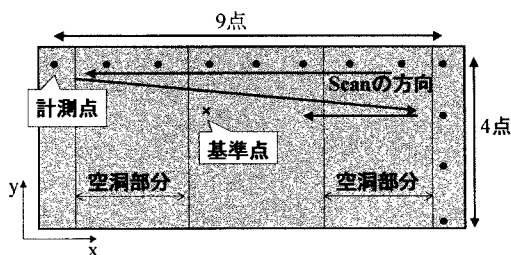


図4 振動モード形計測概要（正面図）

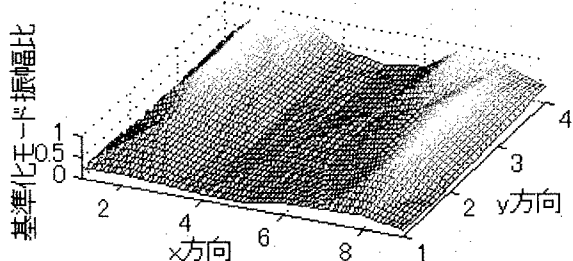


図5 3700Hzにおける振動モード形

5. まとめ

本研究で得られた結果を以下にまとめる。

- 1) 鋼球を用いてコンクリート供試体表面を打撃し、レーザードップラ速度計によって振動計測を行ったところ、空洞部と健全部の振動特性の違いが得られた。
- 2) 多点計測結果により、空洞部の局所的な振動が卓越した振動モードが得られた。

本研究により、空洞同定において、レーザードップラ速度計の利用が有効であることが確認できた。今後は、衝撃を加える方法を改善することと、空洞とは別の種類の欠陥をもつ場合にもレーザードップラ速度計の利用が有効かどうかを調べることが課題である。

【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) 貝戸清之: 「不確定性を考慮したレーザ振動計測に基づく構造物の性能評価」, 東京大学社会基盤工学博士論文, 2000.2