

非接触音響探査法を用いた移動計測に関する検討

桐蔭横浜大学	大学院工学研究科	正会員	○杉本	恒美
桐蔭横浜大学	大学院工学研究科		中川	裕
桐蔭横浜大学	大学院工学研究科	正会員	上地	樹
桐蔭横浜大学	大学院工学研究科	正会員	杉本	和子
佐藤工業（株）技術センター		正会員	歌川	紀之
佐藤工業（株）技術センター		正会員	黒田	千歳
富士フイルム（株）先端コア技術研究所			二瓶	靖和

1. はじめに

音波照射加振と走査型レーザドップラ振動計(SLDV : Scanning Laser Doppler Vibrometer)を用いた非接触音響探査(NCAI : Non-Contact Acoustic Inspection)法¹⁻¹¹⁾は、コンクリート構造物等の表層に存在する内部欠陥（亀裂や空洞）を遠距離非接触で探査することができる手法である。しかしながら、SLDVは、基本的に固定設置使用を前提としており、移動計測には適していないという問題点があった。ところが、NCAI法は原理的にたわみ共振を利用しているため、従来の叩き点検の代替手法として使用可能であることから、許容範囲内で探査精度を落としてでも、移動しながら計測できるようにできないかという要望が増えてきた。そこで、走査機構を持たないレーザドップラ振動計(LDV : Laser Doppler Vibrometer)を複数台用いて、NCAI法を用いた移動計測に関する検討を行った。

2. 移動計測の基本セットアップ

NCAI法による移動計測のための基本セットアップを図1に示す。LDVとしてはポータブルLDV (VibroGO VGO-200, Polytec GmbH)を4台使用した。また、音源としては長距離音響発生装置(LRAD100X, Genasys Inc.)を用いた。LDVはドップラ効果を用いた計測機器であるため、計測対象面に対してレーザ光を垂直に入射させることができれば、移動しながらでも音波照射による表面振動を検出可能である。計測対象としては図2に示すような模擬空洞欠陥を埋設したコンクリート供試体を用いた(今回は直径300mmの欠陥のみを使用)。また、加振波形としては、図3に示すような周波数範囲500~4100Hzのマルチトーンバースト波(パルス幅3ms, 周波数インターバル200Hz, 波形全体長さ59ms)を用いた。

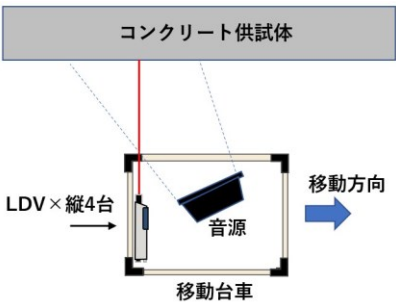


図1 移動計測用基本セットアップ (上面図).

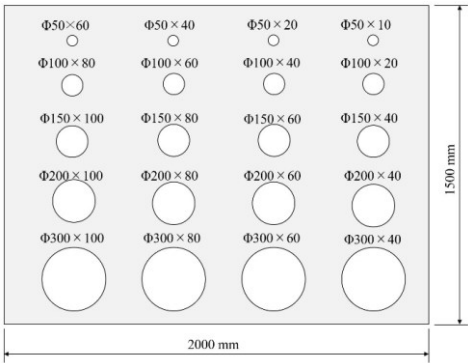


図2 コンクリート供試体.

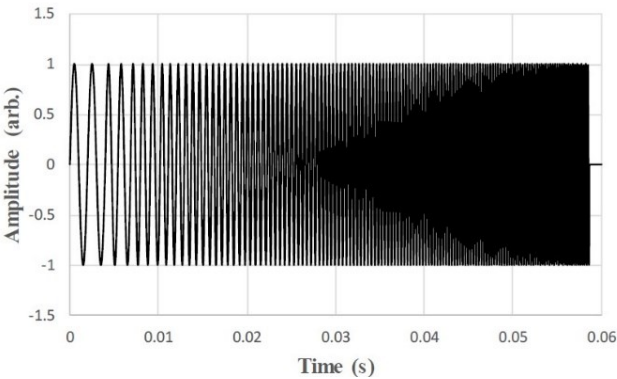


図3 加振波形例(マルチトーンバースト波).

キーワード 非接触音響探査法, 移動計測, 音波照射加振, レーザドップラ振動計, トーンバースト波
連絡先 〒225-8503 神奈川県横浜市青葉区鉄町 1614 TEL 045-974-5059

3. 実験結果例

移動台車に LDV を縦に 4 台配置した状態で、人力で移動させて計測を行った。また、供試体表面での音圧は 120 dB (Z 特性最大値) とした。計測領域を図 4 に示す。計測領域内にある模擬欠陥は直径 300 mm で深さ 40 mm, 60 mm および 80 mm の 3 つである。移動速度については 3 段階 (およそ時速 1~2 km 程度の範囲) に変化させて計測した。移動時の最大速度についてはレーザー距離計を用いて概算しているが、人力で移動させているため、計測領域全体を一定の速度で移動しているわけではない。また、移動によるノイズに埋もれた共振振動を抽出するために、従来の振動エネルギー比ではなく、加振波形と LDV により計測された波形の相関値の二乗 (相関エネルギー値) が映像化に用いられた。図 5 に加振波形との相関エネルギー値表示 (ここでは模擬欠陥の共振周波数である 820~920, 1730~1830, 2080~2180, 2740~2840 Hz に対するバンドパスフィルターも使用) による映像結果例を示す。図より、深さ 40 mm に加えて、深さ 60 mm の欠陥についても検出できることが見て取れる。

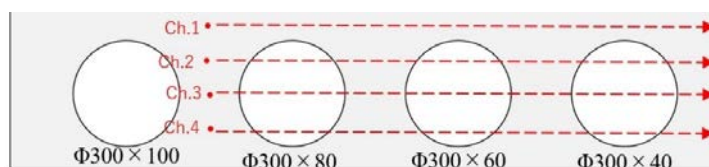


図 4 計測領域図.

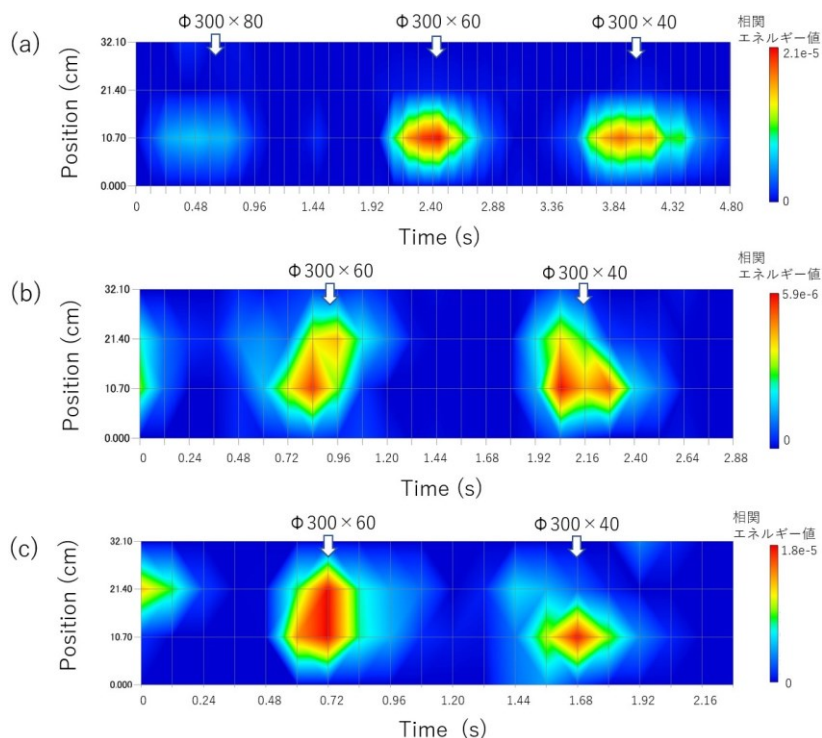


図 5 移動計測時の相関値のエネルギー表示結果例,

- (a) 最大速度 0.28 m/s=1.01 km/h (164 point (41x4) 表示),
- (b) 最大速度 0.44 m/s=1.59 km/h (100 point (25x4) 表示),
- (c) 最大速度 0.58 m/s=2.08 km/h (80 point (20x4) 表示).

4. まとめ

LDV を複数台用いた NCAI 法による移動計測の基礎検証実験を行った。実験結果から、移動速度に比例してノイズは増加するものの、直径 300 mm 深さ 60 mm 程度の欠陥であれば LDV と音源を一緒に移動させながらも検出できることが明らかになった。今回の検証実験では、移動計測時の最大速度は時速 2 km 程度であるが、まだ移動時の振動対策は十分ではない状況で行われているため、アクティブおよびパッシブの制振対策を施すことにより、さらに高速かつ高精度の移動計測が行える可能性があると思われる。

参考文献

- 1) 杉本(恒), 赤松, 歌川, 片倉, 土木学会(第67回)年講, VI-030, pp.59-60, (2012)
- 2) 杉本(恒), 赤松, 歌川, 片倉, 土木学会(第68回)年講, VI-087, pp.173-174, (2013)
- 3) 杉本(恒), 赤松, 歌川, 片倉, 土木学会(第69回)年講, VI-480, pp.959-960, (2014)
- 4) 杉本(恒), 杉本(和), 上地, 歌川, 片倉, 土木学会(第70回)年講, VI-114, pp.227-228, (2015)
- 5) 杉本(恒), 杉本(和), 上地, 歌川, 片倉, 土木学会(第71回)年講, VI-736, pp.1525-1526, (2016)
- 6) 杉本(恒), 杉本(和), 金子, 森岡, 志岐, 中川, 歌川, 土木学会(第72回)年講, VI-936, pp.1871-1872, (2017)
- 7) 杉本(恒), 上地, 杉本(和), 歌川, 黒田, 土木学会(第73回)年講, VI-425, pp.1871-1872, (2018)
- 8) 上地, 杉本(恒), 歌川, 森岡, 土木学会(第74回)年講, VI-793, (2019)
- 9) 杉本(恒), 中川, 上地, 杉本(和), 歌川, 黒田, 土木学会(第75回)年講, V-396, (2020)
- 10) 杉本(恒), 中川, 上地, 杉本(和), 歌川, 黒田, 土木学会(第76回)年講, V-325, (2021)
- 11) 杉本(和), 杉本(恒), 歌川, 黒田, 土木学会(第77回)年講, V-482, (2022)