

音響探査法を用いたコンクリート表層欠陥探査技術の開発

— (2) トーンバースト波とゲート処理を用いた S/N 比の改善 —

桐蔭横浜大学 正会員 ○杉本 恒美
 桐蔭横浜大学 学生会員 赤松 亮
 桐蔭横浜大学 学生会員 上地 樹
 佐藤工業(株) 正会員 歌川 紀之
 明篤技研 片倉 景義

1. はじめに

強力な空中放射音波とレーザドップラ振動計を用いることにより、遠距離からの非接触音響探査法の検討を行っている。音源としては長距離音響放射装置(LRAD; Long Range Acoustic Device)、LDV としてスキャニング振動計(SLDV; Scanning Laser Doppler Vibrometer)を用いることにより、コンクリート供試体から 10m 程度の遠隔からの非破壊探査が行えることを既に実証している¹⁻⁷⁾。従来はチャープ波を用いた探査を行っていたが、レーザヘッドの振動を原因とする S/N 比の劣化が問題となっていた。今回はトーンバースト波を用いることにより、その問題を回避しかつ S/N 比を改善できることを確認した。

2. トーンバースト波による探査原理

図.1 に非接触音響探査法の概要図を示す。音源から発した空中放射音波によりコンクリート表面を励振させる。その表面の振動速度を SLDV(Polytec Corp, PSV400-H4)により二次元的に計測する。もし、壁面内部に水平方向のひび割れなど空隙欠陥が存在していたとすると、その欠陥部上は健全部に比べ曲げ剛性が低下するため、たわみ振動が生じる。欠陥部を励振させるための加振用音波により計測用のレーザヘッドが振動し、それが S/N 比に悪影響をもたらす。従来法では、探査用波形として持続時間 2s、500-5000 Hz の広帯域の Linear up chirp 波を用いていた。欠陥部上の目的信号を強くするためには音圧を上げるか、あるいは波形の持続時間を長くする必要があるが、その場合、レーザヘッドも同じ分振動してしまう。一方、レーザヘッドに悪影響を及ぼす主成分は音源からの直達波および対象面からの反射波であり、これは時間的に限局した音波を用いることで分離可能となることが予想される。図.2 に SLDV により計測される信号波形の模式図を示す。送信波は欠陥部の共振周波数を含んだパルス波とする。ここで、実際に必要な信号は欠陥部上のたわみ共振振動に関する信号だけであるから、対象物までの距離が既知であればその時間的な存在位置は推定可能であり、適当な長さの時間ゲートをかけることにより、不要な信号(ヘッドの振動)を取り除くことができる。

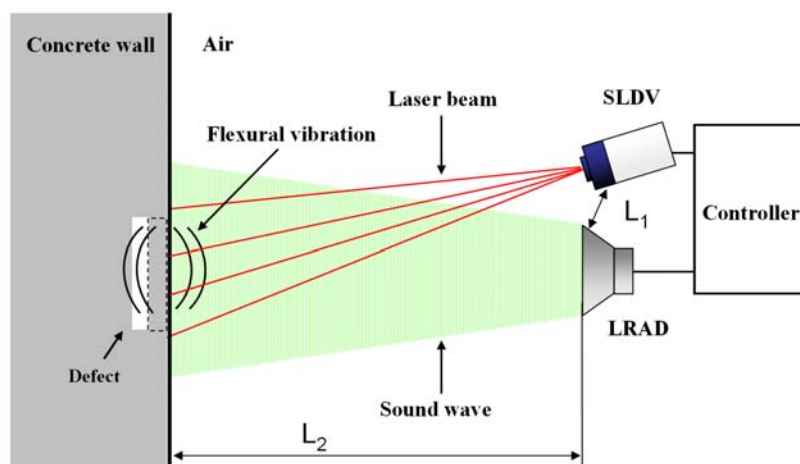


図.1 非接触音響探査法の基本構成図

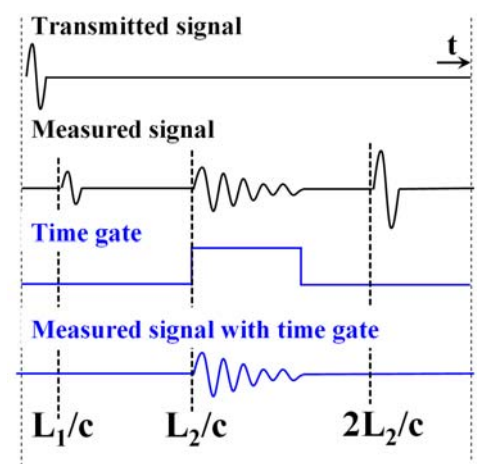


図.2 時間ゲートによる信号の抽出

キーワード; コンクリート欠陥、非破壊検査、非接触音響探査法、長距離音響発生装置(LRAD)、スキャニング振動計(SLDV)

連絡先: 〒225-8503 神奈川県横浜市青葉区鉄町 1614 TEL 045-972-5881(ex,2283 or 3684) FAX 045-972-5972

3. コンクリート供試体を用いた検証実験

壁型コンクリート供試体($1.5 \times 2.0 \times 0.3 \text{ m}^3$)内の深さ 75mm に埋設された欠陥(発泡スチロール板($300 \times 300 \times 25 \text{ mm}$))を用いて検証実験を行った。実験セットアップ図を図.3 に示す。音源から対象面およびレーザヘッドから対象面までの距離は 5 m および 5.4 m であり。計測点は欠陥部の中心部の 1 点のみである。実際の欠陥の共振周波数は不明であり、その応答を検出するためには広帯域を含んだ音波を使用する

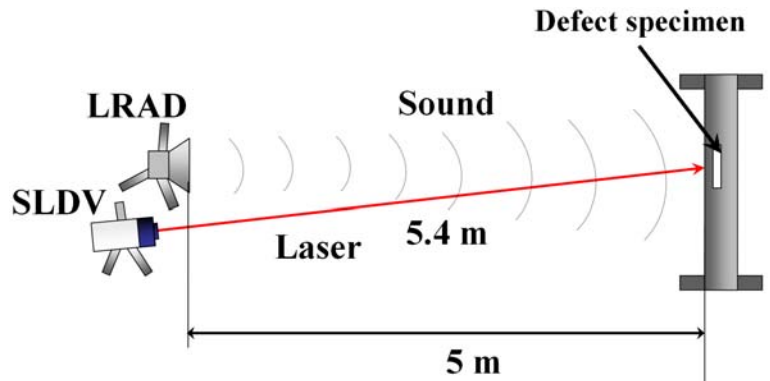


図.3 検証実験セットアップ

必要がある。そこで、異なった中心周波数を有するパルス波を逐次的に送信することで広帯域の周波数成分を得ることができる広帯域トーンバースト波を送信波として使用した。実際の計測に用いる使用した広帯域トーンバースト波の各パルス幅 3 ms (Bandwidth: 330 Hz)で、パルス間インターバルは 100 ms である。各パルスの中心周波数は 500-5100 Hz の範囲で 200 Hz ずつ変調し、全体で 170-5430 Hz 程度の周波数成分を有している。

計測された欠陥部上の時間ゲート適応後の振動速度スペクトル例を図.4 に示す。従来の従来法では光学系の振動ノイズが取り除くことができなかったため、S/N 比 4 dB であるのに対し、今回の提案手法では 19 dB と、従来法に比べ 15dB の改善が行われたことがわかる。

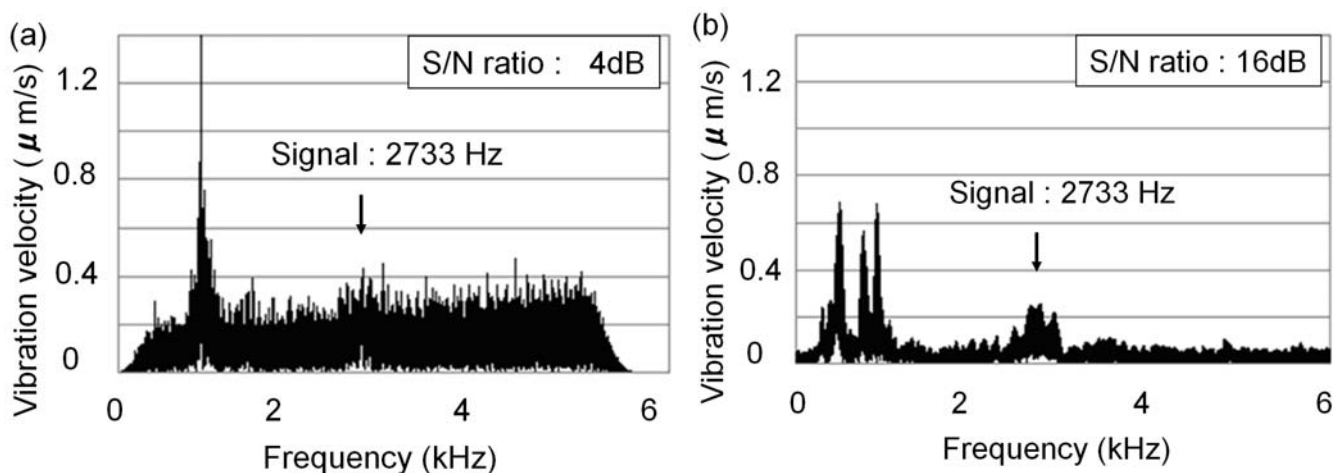


図.4 欠陥部上の振動速度スペクトル. (a) チャープ波 (持続時間 : 2s, 帯域幅:500-5000 Hz), (b) トーンバースト波 (周波数範囲: 170-5430 Hz)+時間ゲート.

4. まとめ

音響加振によりレーザヘッドが振動し検出感度を低下させる問題について、トーンバースト波を用いた加振法を考案した。トーンバースト波では従来法のように持続時間の長い Chirp 波等を用いるのではなく、逐次的に中心周波数の異なるパルス波を送信することで採用することより、広帯域の周波数成分を得ることが出来る。発泡スチロールを空洞欠陥と見立てた検証実験結果から、S/N 比が従来法より 12 dB 改善されることが明らかになった。

謝辞：本研究は平成22-25年度の国土交通省「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」の助成を受けたものである。

参考文献：1) 歌川、赤松、杉本、土木学会(第66回)年講, pp.79-80, (2011)

2) 歌川、片倉、赤松、杉本、土木学会(第67回)年講, pp.57-58, (2012)

3) 杉本、赤松、歌川、片倉、土木学会(第67回)年講, pp.59-60, (2012)

4) T.Sugimoto, R.Akamatsu, T.Sugimoto, N.Utagawa and S.Tsujino, IEEE IUS Proc., pp.744-747, (2011)

5) R.Akamatsu, T.Sugimoto, N.Utagawa and S.Tsujino, Proc. of the 10th SEGJ International Symposium, pp.84-87, (2011)

6) 赤松、杉本、歌川、辻野、安全・安心な社会を築く先進材料・非破壊計測技術シンポジウム論文集, pp.35-38, (2012)

7) R.Akamatsu, T.Sugimoto, N.Utagawa and S.Tsujino, Jpn. J. Appl. Phys., Vol.52, 07HC12, (2013)