

# 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

## —計測速度向上に関する検討—

|         |     |     |    |
|---------|-----|-----|----|
| 桐蔭横浜大学  | 正会員 | ○杉本 | 恒美 |
| 桐蔭横浜大学  | 正会員 | 杉本  | 和子 |
| 桐蔭横浜大学  | 正会員 | 上地  | 樹  |
| 佐藤工業(株) | 正会員 | 黒田  | 千歳 |
| 佐藤工業(株) | 正会員 | 歌川  | 紀之 |

### 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発生装置(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<sup>1-8)</sup>。しかしながら、従来の非接触音響探査法では、計測時間の長さが問題となっていた。そこで今回は、時間ゲートを有効に使用しながら、音波送出が可能な時間帯を最大限有効に用いることができるマルチトーンバースト波を用いた高速計測に関する検討を行った。

### 2. マルチトーンバースト波による高速計測

非接触音響探査法の基本構成を図.1に示す。音源としては長距離音響発生装置(LRAD:Long Range Acoustic Device)等を使用し、発生した音波により測定対象壁面を励振し、励振時の壁面上の振動速度を高感度のスキャニング振動計(SLDV: Scanning Laser Doppler Vibrometer)等を使用して計測する。従来の送信方法は欠陥部の共振周波数を探すために、3msほどの短いバースト波の中心周波数を音波送出毎に変化させていくことにより、必要な周波数帯域をカバーするという方法であった。この送信方法の計測タイムチャートを図.2に示す。ここでは、今回新たに考案し送信波形と区別するために、従来の送信波をシングルトーンバースト波と呼ぶことにする。

図より、音波の送出可能時間は、音波群の先頭が対象面で反射してからレーザヘッドに到達するまでの間(時間にすると $d_2/V_s$ )であることがわかる。すなわち、1回の音波送出の際に時間にして $d_2/V_s$ の範囲内であれば、1つの周波数だけでなく、複数の周波数が順次存在しても計測可能である。このような一回の音波送出時に複数の周波数を含んだ形式のトーンバースト波を、ここではマルチトーンバースト波と呼ぶことにする。様々な周波数の配置法が考えられるが、一つのバースト群の中に離散的に周波数を配置した場合のマルチトーンバースト波の模式図を図.3に示す。

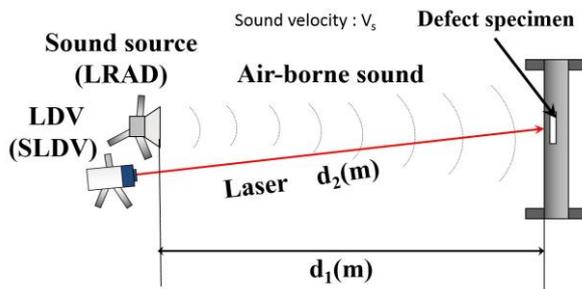


図.1 非接触音響探査法の基本セットアップ

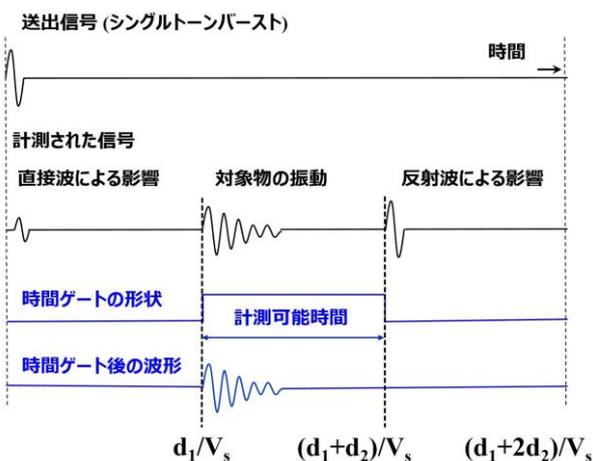


図.2 シングルトーンバースト波のタイムチャート

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 045-974-5264 or 045-974-5059 FAX 045-972-5972

### 3. 高速非接触音響探査法の確認実験

高速非接触音響探査法の有効性を確認するために円形欠陥が埋設されたコンクリート供試体での確認実験を行った。実験セットアップは図.1とおなじで、 $d_1 = 5.3 \text{ m}$ ,  $d_2 = 5.0 \text{ m}$  および音速  $V_s = 343.5 \text{ m/s}$  ( $T=20^\circ\text{C}$ ) である。計測に使用した欠陥部には厚さ 25 mm, 直径 200 mm の発泡スチロールが深さ(かぶり) 80 mm の位置に埋設されている(図.4参照)。また図中の数字は計測ポイントナンバーを表している(測定点数 35 点、縦横約 56 mm 間隔)

使用したシングルトーンバースト波の周波数範囲は 1000-4800 Hz で、周波数インターバルは 200 Hz, 音波の送信間隔は 50 ms とした(アベレージ回数は 5 回)。比較のために使用したマルチトーンバースト波の周波数範囲は 1000-4800 Hz, 周波数インターバルは 200 Hz, 音波の送信間隔は 30 ms のものを使用した。なお、シングルトーンバースト波と同じアベレージ回数をさらに短時間で実現するために、同じマルチトーンバースト波を 5 回連続して送出した波形を使用した。

振動エネルギー比による映像結果例を図.5に示す。白円は欠陥部の大きさと位置を示している。図より、白円内に振動エネルギー比が高い領域が集中しているおよび最大値が左下に存在していることなどが共通していることから、どちらもほぼ同等の欠陥検出が行えていることがわかる。計測時間はシングルトーンバースト波で210秒、マルチトーンバースト波で28秒となるため、7.5倍の計測高速化が実現できた。

### 4. まとめ

非接触音響探査法の S/N 比を向上させるための時間ゲートを有効に使用しながら、かつ音波送出が可能な時間帯も最大限有効に用いて複数の周波数を使用することにより計測速度を飛躍的に改善するマルチトーンバースト波を用いた高速非接触音響探査法を考案した。円形供試体を用いた確認実験の検討結果から、その有効性が確認できた。

#### 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) 杉本、赤松、歌川、片倉、土木学会(第67回)年講, pp.59-60, (2012)
- 3) R.Akamatsu, T.Sugimoto, N.Utagawa and S.Tsujino, *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol.52, 07HC12, (2013)
- 4) K.Katakura, R.Akamatsu, T.Sugimoto and N.Utagawa, *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol.53, 07KC15, (2014)
- 5) 杉本、赤松、歌川、片倉、土木学会(第69回)年講, pp.959-960, (2014)
- 6) 杉本、赤松、歌川、片倉、コンクリート工学年次論文集, Vol.36, No.1, pp.2062-2067,(2014)
- 7) 杉本、歌川、片倉、建設施工と建設機械シンポジウム論文集, pp.137-142, (2014)
- 8) K.Sugimoto, R.Akamatsu, T.Sugimoto, N.Utagawa, C.Kuroda and K.Katakura, *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol.54, 07HC15, (2015)

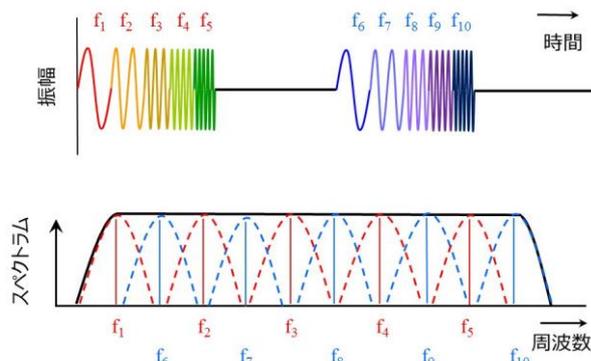


図.3 マルチトーンバースト波の模式図

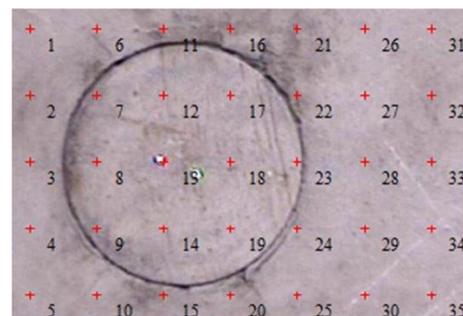


図.4 計測対象面の写真

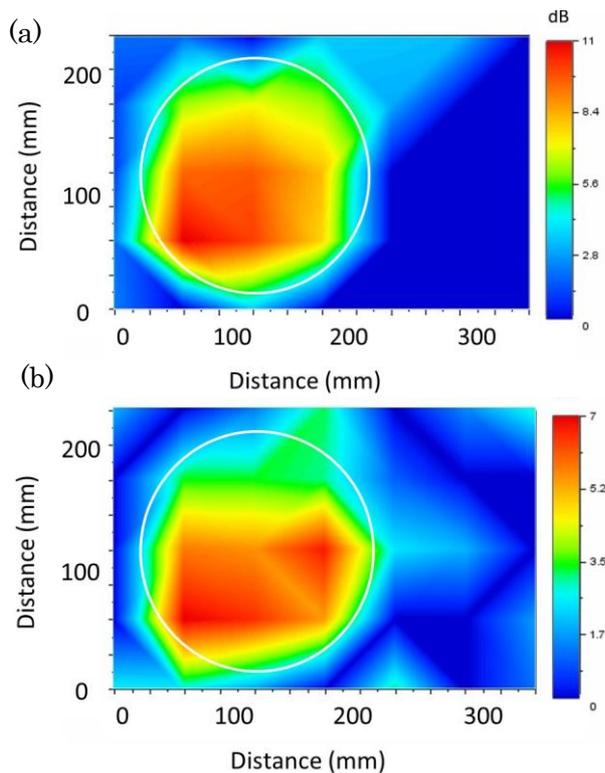


図.5 振動エネルギー比の分布  
(a)シングルトーンバースト, (b)マルチトーンバースト