

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 —強力超音波音源に関する検討—

佐藤工業(株) 技術研究所
 佐藤工業(株) 技術研究所
 東海旅客鉄道株式会社
 横浜桐蔭大学
 横浜桐蔭大学

○正会員 黒田 千歳
 正会員 歌川紀之
 正会員 阪本泰士
 正会員 杉本和子
 正会員 杉本恒美

1. はじめに

著者らは、空中放射音波とレーザドップラ振動計 (LDV) を用いた、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) や強力超音波音源 (UNAS; Ultrasonic Nonlinear Acoustic Speaker), LDV としてスキャニング振動計 (SLDV; Scanning Laser Doppler Vibrometer), 長距離レーザドップラ振動計 (RSV; Remote Sensing Vibrometer) を用いることにより、コンクリート供試体から 5~30m 程度の距離で叩き点検と同等の非破壊探査を行うことができることを実証している。本稿では、探査の角度依存性や周囲に与える環境騒音などの問題を UNAS を用いることにより改善できることを示す。

2. 強力超音波音源装置の概要

使用する強力超音波音源 (UNAS) は図 1 に示すもので、共振周波数 40.35kHz の超音波素子 3200 個を 8 列の同心円上に並べた、直径 60cm、設計焦点距離 5m の収束型 (パラボラ) である。空气中を伝播する超音波の非線形特性を利用して可聴音を生じさせるパラメトリックスピーカであり、指向性が非常に鋭い特性を持っている。また、8 列のチャンネルを位相制御することにより、焦点距離はある程度調整できるようになっている。

音源から 5m の距離に、幅 2m、高さ 1.5m、厚さ 0.3m のコンクリート供試体を置き、コンクリート表面で 100dB となる音響探査で用いるバースト波を発生させて音圧分布を測定した結果を図 2 に示す。左が LRAD, 右が UNAS であり、高出力で比較的指向性も高いが、通常の音響スピーカである LRAD に比べて、UNAS では音軸に沿っての指向性の鋭さを確認でき、周囲への騒音の影響も少ないことがわかる。

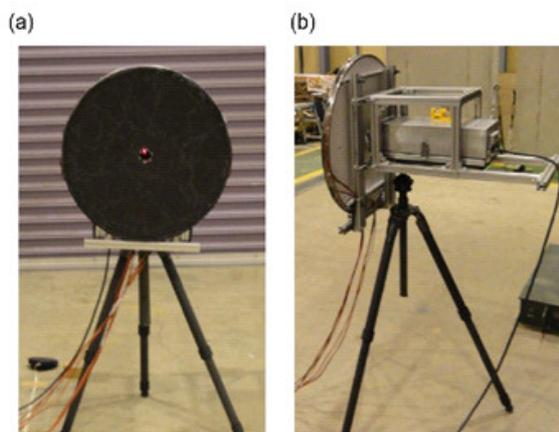


図 1 強力超音波音源(UNAS)
(a)正面図, (b)側面図

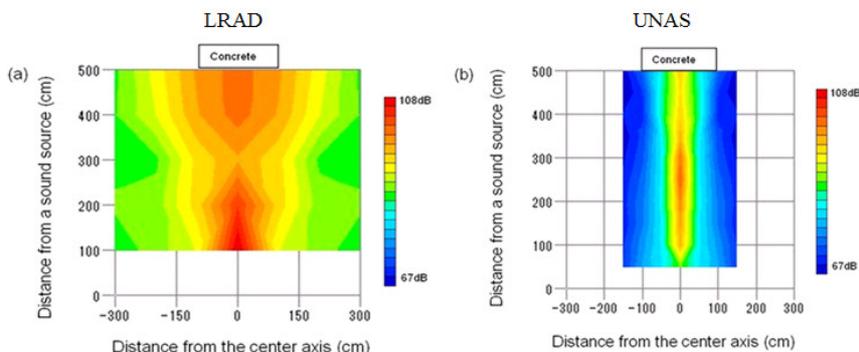


図 2 音圧分布の測定結果 (平面図)

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: 〒243-0123 神奈川県厚木市森の里青山 14-10 TEL 046-270-3091 FAX 046-270-3093

3. 角度依存性

高架橋の柱や壁体などの高い場所では斜め下方から測定せざるを得ない場合がある。ビーム幅が狭い UNAS は、このような場合、以下に示す理由から有利となる。音圧分布の測定結果 (図-2) からわかるように、LRAD では距離 5m の位置で高音圧領域のビーム幅が 1m 以上あり、数 cm~数 10cm のコンクリート表層欠陥に対しては全体を覆って入射することになる。これが斜めから入射する場合は欠陥領域の両端で位相差が生じ、波長程度以上の大きさになると欠陥領域上の振動が相殺される傾向が強くなる。入力波長を λ 、欠陥幅を A とするとき計測可能な条件は $A \sin \theta \leq \lambda$ である。一方、UNAS ではビーム幅は通常欠陥領域の大きさ以下と考えてよく、ビーム幅を D とするとき $D \tan \theta \leq \lambda$ のとき計測可能である。図 3 に LRAD と UNAS (ビーム幅 10cm) の場合の許容入射角の関係を示す。実線が UNAS の許容入射角であり、破線は欠陥径 A ごとの LRAD の許容入射角を示している。各グラフの下側が計測可能な領域となる。グラフからわかるように、通常探査対象となる 10 数 cm 以上の数 kHz の固有振動数を持つコンクリート表層欠陥の場合については UNAS の方が計測許容角度が大きい。また、網掛け部分は UNAS のビーム幅より小さい欠陥の領域であり、正対でも探査が困難な場合が多い。直径 30cm の円形空洞欠陥 (深さ 60mm) について UNAS と LRAD の入射角度を変化させ、測定されたピーク周波数の相対振動速度を図 4 に示す。LRAD では 30 度を超えるとノイズレベル以下になるが、UNAS では 45 度でもノイズレベル以上の信号が得られており、測定可能であることを示している。

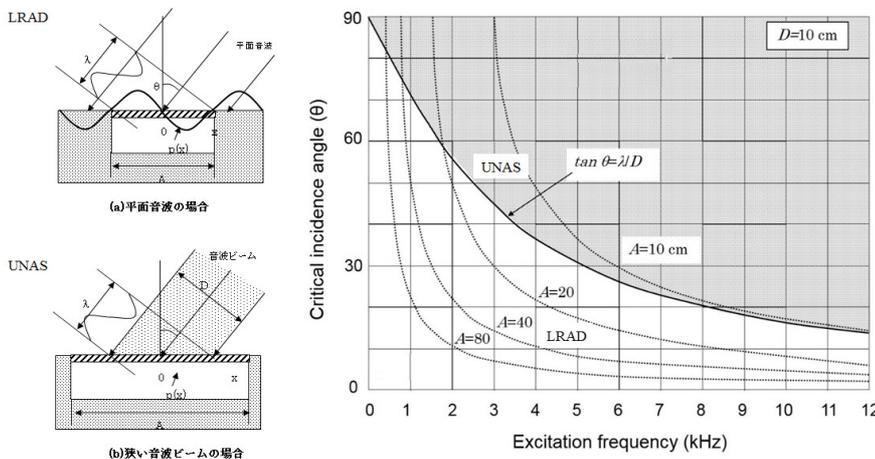


図 3 限界入射角度と加振周波数の関係

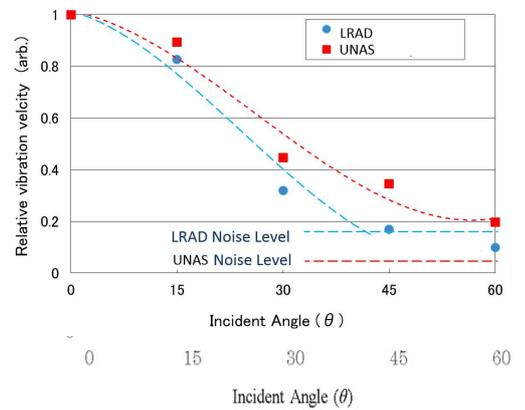


図 4 計測された振動速度レベル

4. 環境騒音

屋外の実物大高架橋試験体に対して、真下より音響探査を実施した時の騒音測定結果を図 5 に示す。スピーカからの距離 5m 以上の位置では、UNAS では LRAD に比べて 3~10dB 程度低減していることが確認された。

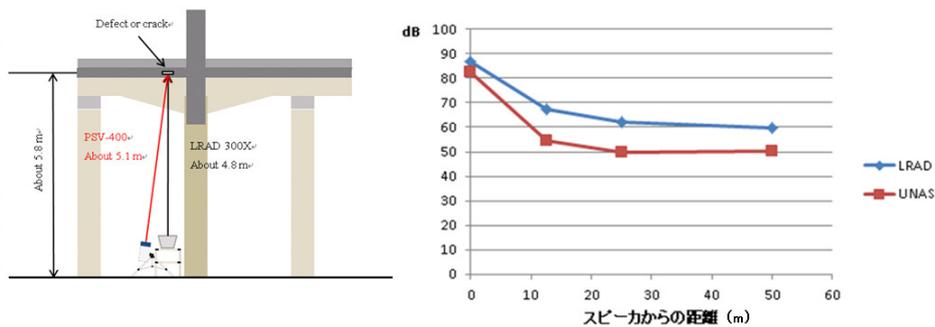


図 5 騒音測定結果

5. まとめ

超音波音源 UNAS の探査の許容角度や周囲に与える環境騒音についての優位性を示した。この他、UNAS では LRAD の測定時に発生する LDV のヘッドの共振も生じないことがわかっている。今後は UNAS の優位性を活かし、装置の改良を行なって、更に環境への影響を小さくするとともに探査性能を高めていきたいと考えている。

参考文献：杉本，上地，歌川，片倉，土木学会（第 70 回）年講，pp227-228, (2015 年)