

非接触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 —地下発電所空洞における長距離計測—

桐蔭横浜大院

正会員

○上地 樹

桐蔭横浜大院

正会員

杉本 恒美

佐藤工業株式会社

正会員

歌川 紀之

東京電力ホールディングス株式会社

正会員

森岡 宏之

1. はじめに

現在、コンクリート構造物内部における欠陥の状態を把握する方法として、ハンマ等を用いて検査者が計測対象面を直接打撃し、その時に発生した音から欠陥か健全かを判断する打音法が多く用いられている。しかしこの検査法では直接打撃が困難な場所において、高所作業車や大規模な足場を組む必要がある等、検査の難易度が高くなる。そこで我々は、可聴域での空中放射音波を利用した音響加振とレーザドップラ振動計(LDV: Laser Doppler Vibrometer)による振動計測を用いた、非接触による非破壊探査法である非接触音響探査法を提案している[1-3]。

今回は、群馬県多野郡上野村にある神流川発電所の地下空洞において、非接触音響探査法による長距離計測を行った結果について報告する。

2. 実験方法

神流川地下発電所空洞における天井部を対象に非接触音響探査法の実証実験を実施した。実験セットアップ図を Fig.1 に示す。加振用音源には有効音響到達距離が長く、指向性の高い音響放射が可能な LRAD-300X (LRAD Corp.)を対象面から約 25 m の位置に、振動計測を行うレーザドップラ振動計には赤外線レーザを搭載し、長距離における走査が可能な PSV-500 Xtra (Polytec GmbH)を約 26 m 離れた位置に設置した。計測は地下空洞という閉鎖された環境で行われるため、周囲からの反響音が計測結果に影響を及ぼす可能性があるかと推測された。そのため、振動計測を行う PSV-500 Xtra には、防振ケース、防振ユニット、インシュレータ(防振ゴム)の三種類の防振対策を行った。非接触音響探査法における計測範囲図を Fig.2 に示す。計測ポイント数は 21×21 の計 441 ポイントである。事前に人力による直接打音点検を行った結果、図中において白線で示した範囲内に、欠陥(浮き)を示す反応が検出されている。なお、計測対象面は吹付けコンクリートで施工されているため、一般のコンクリート構造物に比べ壁面には凹凸があり表面は粗くなっている。

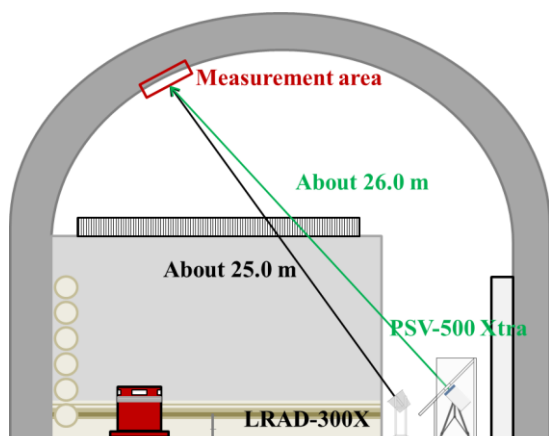


Fig.1 実験セットアップ図

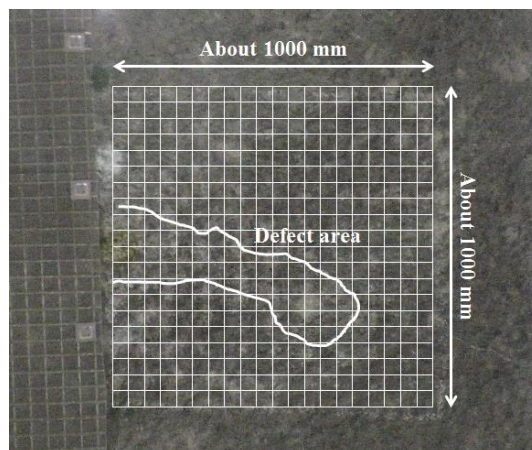


Fig.2 計測範囲図

キーワード：長距離計測、非破壊検査、吹付けコンクリート、非接触音響探査法、屋内

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 7733) FAX 045-972-5972

今回の実験では、音響加振を行うための音波にマルチトーンバースト波を使用した[4-5]。この波形の設定は、周波数範囲 300-4400 Hz、変調周波数 100 Hz、パルス幅 5 ms、パルス群間インターバル 150 ms とした。

3. 結果と考察

非接触音響探査法により検出された結果の振動エネルギー比分布を Fig.3 に示す。振動エネルギー比の定義を式(1)に示す(VER: Vibration Energy Ratio, PSD: Power Spectrum Density)。この結果から、中心付近と左側に欠陥と推測される反応が検出された。事前の直接打音点検の結果である、枠線の内部で反応が検出されていることから、欠陥の可能性が高いと考えられる。

検出された結果における振動速度スペクトルの比較を行った。比較した計測点は Fig.3 に示した欠陥部(96、223)と健全部(408)の点である。Fig.4 に振動速度スペクトルを示す[6]。健全部を基準としてこれらと比較した結果、計測点 96 では 1300 Hz 付近、計測点 223 では 1580 Hz 付近に欠陥部の反応が検出された。非接触音響探査法はたわみ振動を利用して検出しているため、この結果により事前点検にて欠陥が検出された範囲には、複数の欠陥が存在していることが確認された。

$$[VER]_{dB} = 10 \log_{10} \frac{\int_{f_1}^{f_2} (PSD_{each}) df}{\int_{f_1}^{f_2} (PSD_{min}) df} \quad (1)$$

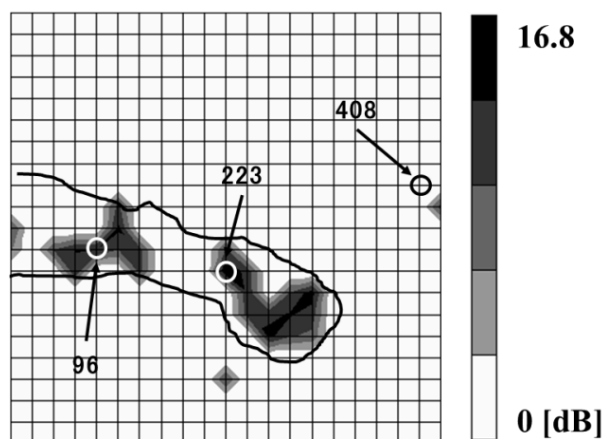


Fig.3 振動エネルギー比分布
(1200-3000 Hz)

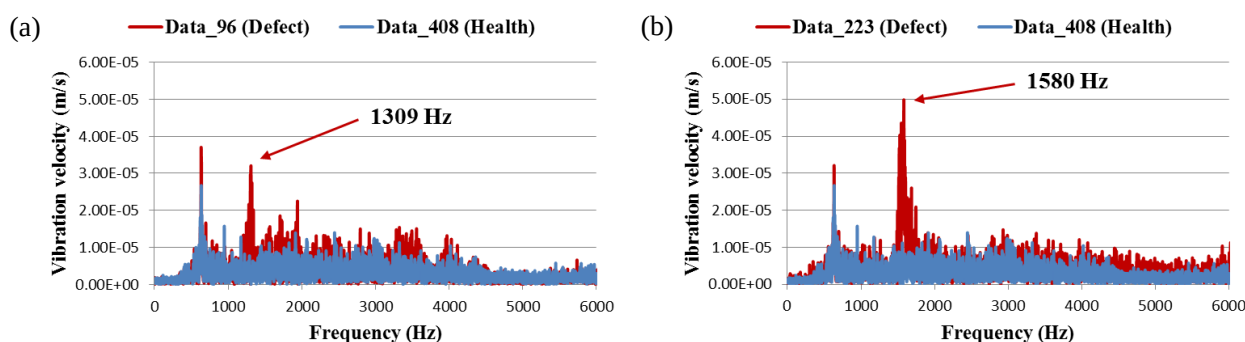


Fig.4 振動速度スペクトル比較 (a)計測点 96 (b)計測点 223 [6]

4. まとめ

今回は、神流川地下発電所空洞における天井部の吹付けコンクリート面を対象に、非接触音響探査法を用いた長距離計測を行った。その結果、大きな凹凸のある計測対象面であっても、内部に存在する欠陥を検出可能である事が確認された。

参考文献

- [1] K. Sugimoto, R. Akamatsu, T. Sugimoto, N. Utagawa, C.Kuroda and K. Katakura, JJAP, Vol.54, 07HC15, (2015).
- [2] 杉本恒美, 杉本 和子, 上地 樹, 小菅 信章, 日本音響学会講演論文集, 2-6-4, (2017)
- [3] 上地樹, 川上明彦, 歌川紀之, 杉本恒美, 杉本和子, 土木学会 第 73 回年次学術講演会, VI-411, (2018).
- [4] 小菅 信章, 上地 樹, 杉本 和子, 杉本恒美, 日本音響学会講演論文集, 2-6-5, (2017)
- [5] T. Sugimoto, K. Sugimoto, N.Kosuge, N. Utagawa and K. Katakura, JJAP, Vol.56, 07JC10, (2017).
- [6] 森岡宏之, 本田中, 歌川紀之, 杉本恒美, 電力土木 No.400, pp.87-91, (2019)