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
―吹付けコンクリートへの適用性検討―

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　正会員　杉本　和子
東京電力ホールディングス（株）　正会員　金子　岳夫　正会員　森岡　宏之
東電設計（株）　正会員　志岐　仁成　正会員　中川　貴之
佐藤工業（株）技術研究所　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)，レーザドップラ振動計(LDV;Laser Doppler Vibrometer)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 程度の離隔であっても非破壊探査が行えることを既に実証している [1-4]．これまで，実際のコンクリート構造物としては主として鉄道や道路のトンネル覆工や橋梁等を対象としてきたが, 非接触音響探査法による吹付けコンクリートの欠陥探査に対する適用性を調べることを目的として，東京電力ホールディングス(株)の既設の地下発電所空洞内において検証実験を行った．

２．実験セットアップ

実験対象は地下空洞内の吹付けコンクリート壁面のうち，事前の打音点検により欠陥ありと判定された場所である．実験セットアップ図を**図 1** に示す．計測対象面から約 5.1 m の位置に，出来るだけ音波が垂直に当たるように音源である LRAD(LRAD Corp., LRAD-300X)を設置した．さらに，計測用レーザドップラ振動計として長距離用 LDV(Polytec Corp.，RSV-150)を計測対象面から約 6.9 m の位置に配置した．**図 2** に計測範囲および実験風景の写真を示す．計測範囲は約 50×50 cm² で，中央上部から左上部にかけて吹付けコンクリートの欠陥(浮き)が確認されている．計測ポイント数は 9×9 の 81 ポイントに設定した．なお，白枠交点が LDV による計測位置を示している．計測用の送信波としては周波数範囲 300~5,000Hz，パルス長さ 5ms，インターバルタイム 50ms，複数種の周波数を使用するマルチトーンバースト波を用いた [5]．計測対象面の音圧は約 100dB とし， 5 回平均/ポイントで計測した．計測所要時間は 81 ポイントで約 10 分である．また，比較検証を目的として，一般的な打音検査，インパクトハンマーによる打撃音定量評価手法である佐藤工業（株）健コン診断ポータブル [6]による計測を併せて実施した．

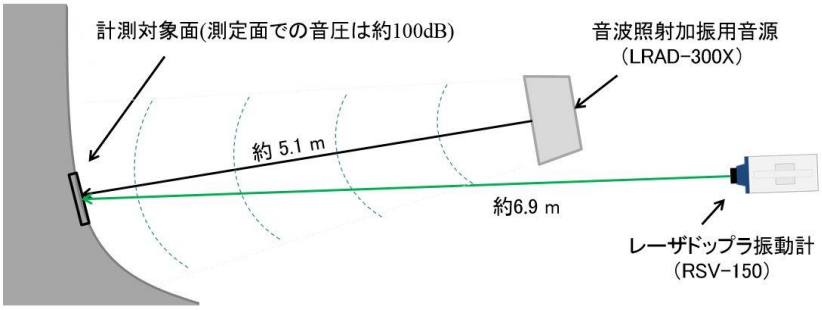
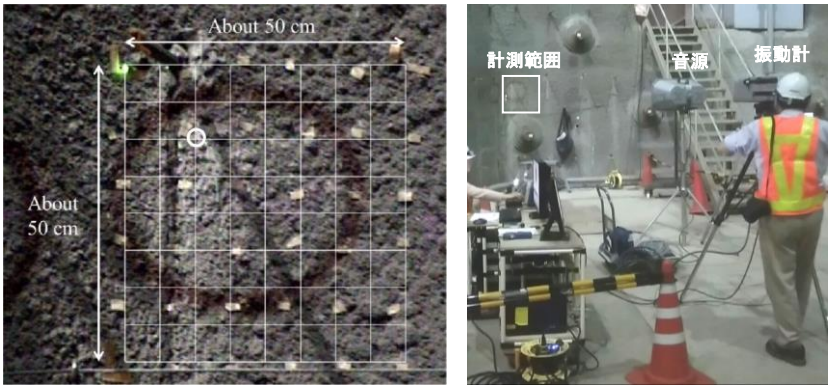


図 1 実験セットアップ図　(計測距離約 5 m)



計測範囲　　実験風景

図 2 実験場所の写真

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．実験結果

調査箇所における振動速度スペクトル例を**図 3** に示す．計測位置は**図 2** のうち，吹付けコンクリートの欠陥(浮き)が確認されている白丸部である．図より 900Hz 付近に吹付けコンクリート欠陥部の共振と推定される共振速度ピークが検出されている．なお 1.9kHz 付近にあるピークは事前の室内実験より計測用 LDV である RSV-150 のレーザヘッドの共振周波数であることが判明している．

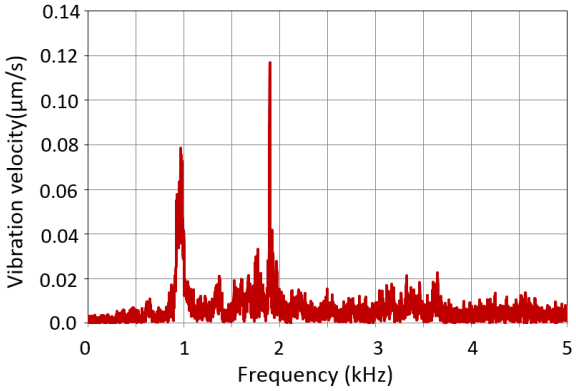
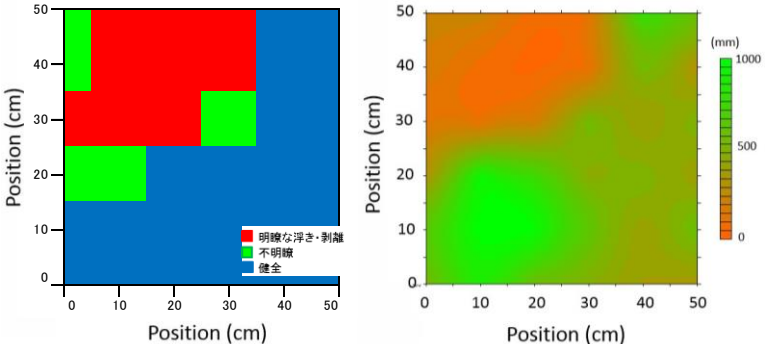


図 3 欠陥部の振動速度スペクトル例

図 4 に既存手法による欠陥判定として，打音検査の結果，および健コン診断ポータブルによる欠陥深さ推定の結果を示す．いずれも，計測範囲の中央上部から左上部に欠陥が存在することが確認された．

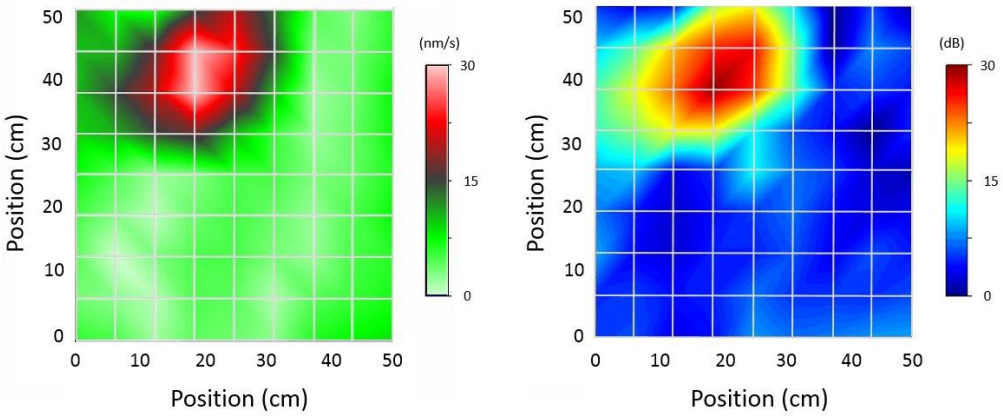
図 5 に音響探査法による欠陥判定結果を示す．振動速度分布は，吹付けコンクリート欠陥部の共振速度ピークを代表して 932.7Hz を使用している．また，振動エネルギー比分布は同じく共振速度ピーク付近の 800～1,000Hz を積分している．



打音検査結果　　健コン診断（欠陥深さ推定）

図 4 既存手法による欠陥判定

音響探査法による振動速度分布，振動エネルギー比分布は，いずれも計測範囲の中央上部から左上部において大きな値となり，欠陥が存在する可能性を示している．これらは，既存手法により確認された吹付けコンクリートの欠陥箇所とよく整合している．



振動速度分布(932.7Hz)　　振動エネルギー比分布(dB)

図 5　音響探査法による欠陥判定

4．まとめ

非接触音響探査法の吹付けコンクリート面に対する適用性について検討を行うために，既設地下発電所空洞内の吹付けコンクリートに対して検証実験を行った．非接触音響探査法による欠陥判定結果は，既存の打音検査等による欠陥判定結果と整合しており，遠距離からの非接触という特長を持つ本手法の有効性が確認された．

今後は，離隔を変化させた場合の影響確認，吹付けコンクリート表面の不陸が計測に与える影響の低減，実現場点検への適用可能性等について，更に検討を加える必要がある．

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) 杉本，赤松，歌川，片倉，土木学会(第68回)年講, pp.173-174, (2013)
3) 杉本，赤松，歌川，片倉，土木学会(第69回)年講, 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, 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, pp.1525-1526, (2016)
6) 歌川，御崎，日本音響学会誌 69巻3号, pp127-132, (2013)