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

--遠距離からの探査能力に関する基礎検討--

桐蔭横浜大学	正会員	○杉本	恒美
桐蔭横浜大学		赤松	亮
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

コンクリート構造物表面のクラックや劣化の程度を調査する方法は、画像処理法、レーダ法、打音法など様々 な手法が開発され、要求される調査精度に応じて使い分けられている。しかしながら、これらの調査方法は基 本的に対象物に接触もしくは極めて接近する必要があり、測定に時間がかかること、足場や台車による高所作 業を必要とすること等の問題点を持っていると思われる。一方でレーザドップラ振動計を用いた非接触計測法 に関しては既に様々な提案が過去になされてきている。特にパルスレーザを振源とする欠陥探傷技術は点加振 が実現できるため、打音検査と比較しやすく期待されており、既に 5m 程度の離隔での計測には成功している ことが報告されている¹⁾。

一方、通常のラウドスピーカに比べると遠距離でも高音圧を維持することができる長距離音響発生装置 (LRAD; Long Range Acoustic Device)が米国で近年開発された。LRAD は 10m 以上の離隔でも 100dB を超える 音圧を発生できることから、被測定物から 10m 以上離れた位置において、非接触で非破壊計測が行える可能 性が予測される。そこで、本研究ではこの長距離音響放射装置とコンクリート表面の 2 次元振動計測が可能な 高感度のスキャニング振動計(SLDV: Scanning Laser Doppler Vibrometer)を組み合わせることにより、10m 程度 の遠距離からの非接触音響探査法²⁻³⁾の探査能力についての基礎検討を行ったので報告する。

2. 非接触音響探査の実験セットアップ

図.1 に非接触音響探査法の実験セットアップ図を示す。音波による振動を探査対象物であるコンクリート供 試体に有効に加えるために音源(LRAD)はほぼ正対させている。計測手順としてはまず欠陥部の応答周波数 帯がわからない場合には送振音波としてホワイトノイズを使用する。次に、SLDVの計測結果から周波数毎の 振動速度変化が大きい箇所が無いかどうか調べる。変化が大きい箇所を発見した場合には、応答周波数帯を絞

り込んでいくために帯域 の狭いチャープ波を再送 振して、振動速度変化を調 べて映像化を行うという ものである。また、供試体 は、自体の振動が測定へ影 響しないように、幅 2m、 高さ1.5m、幅0.3mの大き さとし、その内部に発泡ス チロールの正方形板を用 い、かぶりと平面規模の異 なる種々の欠陥をモデル 化したものを用いた。



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実験結果

3-1 離隔 10m での探査結果

図.2 に健全部と欠陥部上で計測された振動速度スペクトル例を示す。この図から欠陥部上では明確な卓越周 波数が見られるが、健全部では見られないことがわかる⁴⁾。図.3 に SLDV で計測された振動速度分布映像結果 例を示す。対象欠陥は深さ 5cm の位置に埋設された 30cm 角の発泡スチロール(厚さ 25mm)である。白四角枠 が埋設物の位置と大きさを示している。図より、欠陥中心部で振動速度が大きくなっていることが確認できる。 図では単一周波数成分しか示していないが、応答周波数帯を合成することでより明瞭な映像化も可能である⁵。



評価結果 平面規模 (cm) 埋設深度 (cm) 7.5 10×10 20×20 7.5 30×30 7.5 50×50 0 5.0 10×10 × Ō 20×20 5.0 30×30 5.0 5.0 50×50 10×10 2.5 20×20 2.5 0 30×30 2.5 50×50 2.5

離隔 10m での探査結果について表.1 に示す。表より埋設深度が深くなるにつれて、検出可能な平面規模が大 きくなることがわかる。なお、計測時間はスキャンポイント数に依存するが200ポイント程度で数分である。

3-2 探查可能距離

本方式による測定可能距離の検証を行うために SLDV および LRAD とコンクリート供試体間の距離を 10m,15m および 20m と離隔を変化させた場合について の計測実験を行った。対象欠陥は深さ 5cm の位置に埋 設された 30cm 角の発泡スチロールである。コンクリ ート表面における音圧は 120 dB で送振波形は 1800-2400 Hz のリニアアップチャープである。欠陥部 の応答周波数帯の輝度映像結果を図.4 に示す 6-8)。図よ り最大測定距離は20m以内であることがわかる。





4. まとめ

長距離音響発生装置を用いた非接触音響探査法により、遠距離からのコンクリート表層欠陥探査の基礎検討 を行った。コンクリート供試体を用いた実験結果から、10mの離隔であっても埋設物上で振動速度スペクトル に変化が現れること、埋設深度により検出可能な平面規模が変化すること、および現状の最大測定可能距離は 約 20m 程度であることなどを明らかにした。今後はより実際に近い欠陥を模擬した供試体を用いた実験、レ ーザヘッドに加わる振動低減策、振動速度スペクトルおよび周囲の騒音対策等について検討する予定である。 謝辞:本研究は平成21年度の JST シーズ発掘試験(A)および平成22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」(FS研究)の助成を受けたものである。

- **参考文献:**1) 島田他, 土木学会(第65回)年講, pp327-328, (2010)
 - 2) T.Abe and T.Sugimoto, Jpn. J.Appl. Phys., Vol.48, 07GC07 (2009)
 - 3) 歌川他, 音響探査法を用いたコンクリート表層の欠陥探査技術の開発, 土木学会(第66回)年講, pp79-80, (2011)
 - 4) 赤松, 杉本, 歌川, 辻野, 音響春季講論集, pp1415-1416, (2012)
 - 5) T.Sugimoto and T.Abe, Jpn. J.Appl. Phys., Vol.50, 07HC18 (2011)
 - 6) T.Abe and T.Sugimoto, Jpn. J.Appl. Phys., Vol.49, 07HC15 (2010)
 - 7) R.Akamatsu, T.Sugimoto, N.Utagawa and S.Tsujino, Proc. of the 10th SEGJ International Symposium, pp84-87, (2011)
 - 8) 赤松他、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, pp35-38, (2012)