

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

— (1) 検出可能な欠陥の大きさおよび深さに関する検討 —

桐蔭横浜大学 正会員 ○杉本 恒美
 桐蔭横浜大学 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

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放射装置(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¹⁻⁶⁾。今回は円形欠陥モデルを用いて検出可能な欠陥の大きさ及び深さについて検討を行ったので報告する。

2. 実験セットアップについて

実験セットアップ図を図.1に示す。コンクリート供試体とLRAD(LRAD 300X, LRAD Corp.)との距離は5mとして正対させ、SLDV(PSV400-H4, Polytec Co. Ltd.)はLRADのやや後方に配置した。出力した音圧は供試体表面付近で約100dB程度とした。探査手順としては、欠陥部中心と周辺

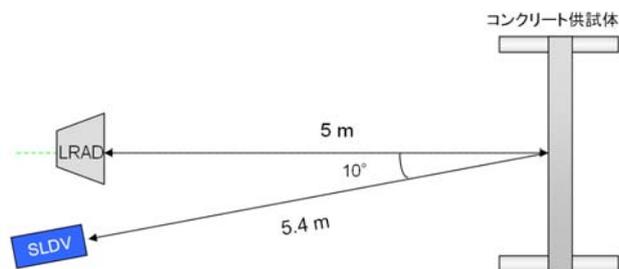


図.1 実験セットアップ

の健全部の2点を設定する。次に周波数を500Hzから8kHz程度まで変化させた短いパルス波により、欠陥部と健全部とを比較して卓越したたわみ共振周波数帯が検出されるかどうかを調べる。卓越したたわみ共振周波数帯が検出された場合には、さらに周波数を微調整して欠陥部のたわみ共振周波数を検出する。

3. 円形欠陥モデルを埋設したコンクリート供試体について

検出可能な空洞欠陥の大きさ及び深さについて検討するために、埋設深さと直径を変化させた円形欠陥モデル(発泡スチロール25mm厚)を埋設したコンクリート供試体(2×1.5×0.3m³)を製作した。配置図および写真を図.2(a)および(b)に示す。円形発泡スチロールの直径および深さは直径50mmのものが深さ10、20、40及び60mmに、直径100mmのものが深さ20、40、60、80mmに直径150、200および300mmのものが深さ40、60、80、100mmの位置に埋設されている。

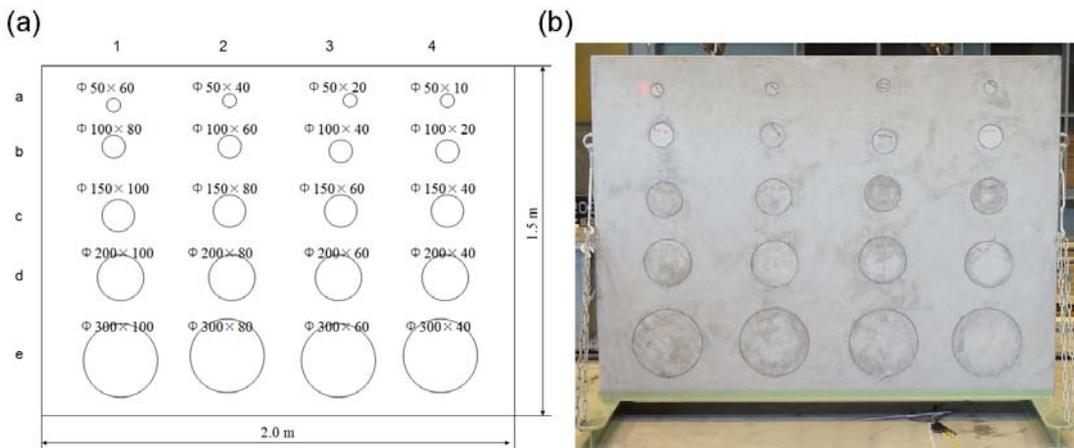


図.2 コンクリート供試体の配置図, 円形欠陥 (a)配置、(b)写真

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 045-972-5881(ex,2283 or 3684) FAX 045-972-5972

3. 円形欠陥モデルを用いた実験結果

3-1 叩き点検法との比較

円形欠陥モデルを用いた場合の探査結果を表.1に示す。上段左および右は岩検ハンマーおよびコロリン点検棒を用いた叩き点検法による検出の可否(3名でブライントテストを行い、○は検出可能、△は判定が分かれるもの、×:検出不可)、下段は音響探査法による検出の可否(○は検出可能、かつSLDVの共振ピーク以上のたわみ共振ピークを検出した場合、そのたわみ共振周波数を表示、△はSLDVの共振ピークと同程度以下のたわみ共振ピークを検出した場合、×:検出不可を示す)を示している。

表.1 円形欠陥モデルの探査結果

	深さ100	深さ80	深さ60	深さ40	深さ20	深さ10
Φ50	総振動エネルギー比による音響探査法の探査可能範囲(予想)		△ ×	△ ×	× △	× △
Φ100	—	× ×	× △	× ○	△ ○	コロリン点検棒探査可能範囲
Φ150	× ×	× △	△ ○	△ ○	共振周波数を用いた音響探査法の探査可能範囲	
Φ200	× ○	× ○	○ ○	○ ○	—	—
Φ300	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	(凡例)	(岩検ハンマー) (コロリン点検棒) (音響探査法) (共振周波数)

また、反応を示すたわみ共振周波数は深さに比例し(例:直径300mm)、直径の2乗に反比例していることがわかる(例:深さ40mm)。

3-2 FEM解析による結果との比較

周辺を単純支持(並進変位のみ拘束し、回転自由)したシェル(板)要素によるFEM解析の結果と実験値との比較を行った。計算結果例を図.3に示す。

直径300mmの円形欠陥は、周辺を単純支持した円板の固有振動数にほぼ等しい結果となったが、それよりも小さな欠陥はシェル要素によるモデル化とは合わない結果となった。これは、欠陥部の直径が大きくなると、欠陥部周辺の回転変位が拘束されることで、FEM解析の仮定である回転変位が自由という条件と合わなくなるためと考えられる。

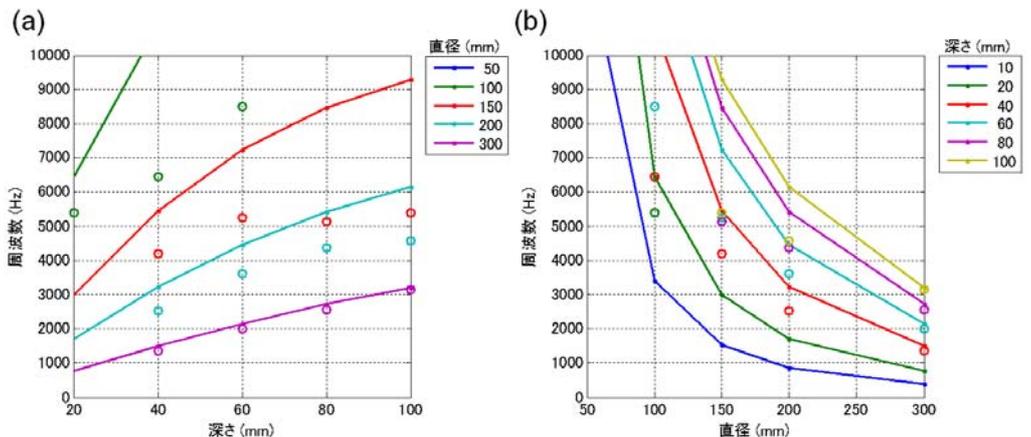


図.3 FEM解析結果例、

(a)周波数 vs. 欠陥深さ、(b)周波数 vs. 欠陥直径 (○印は実験結果)

4. まとめ

円形欠陥モデルを用いたコンクリート供試体を用いた音響探査法の実験結果より、以下のことが明らかになった。(1) たわみ共振を利用した計測のため、検出されるたわみ共振周波数は埋設物の深さに比例し、平面規模(直径)の2乗に反比例する傾向があること。(2) 通常の叩き点検(岩検ハンマー)で検出できない欠陥も本手法により検出できる可能性があること。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、欠陥検出アルゴリズム等について検討する予定である。

謝辞: 本研究は平成24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」の助成を受けたものである。

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) 歌川、片倉、赤松、杉本、土木学会(第67回)年講, pp.57-58, (2012)

3) 杉本、赤松、歌川、片倉、土木学会(第67回)年講, pp.59-60, (2012)

4) T.Sugimoto, R.Akamatsu, T.Sugimoto, N.Utagawa and S.Tsujino, IEEE IUS Proc., pp.744-747, (2011)

5) R.Akamatsu, T.Sugimoto, N.Utagawa and S.Tsujino, Proc. of the 10th SEGJ International Symposium, pp.84-87, (2011)

6) 赤松、杉本、歌川、辻野、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, pp.35-38, (2012)