

広帯域超音波法 (WUT) における発信波の指向性に関する検討

(株)エッチアンドビーシステム 正会員 ○木下 尚宜
 山口大学大学院 学生会員 迫 美乃
 (株)日本ピーエス 正会員 福島 邦治
 (株)エッチアンドビーシステム 正会員 原 幹夫
 山口大学大学院 正会員 吉武 勇

1. はじめに

広帯域超音波法 (以下, WUT) は, ポストテンション方式のプレストレストコンクリート橋の PC グラウト充填状況調査にしばしば用いられている. 現在, WUT による PC グラウト充填調査では, シースかぶり深さに応じて探触子の配置間隔を段階的に設定している¹⁾. PC グラウト充填判定の精度向上には, より適切な探触子間隔を設定することが望ましく, そのためには発信探触子から発せられた超音波帯域の弾性波 (以下, 発信波) の伝播特性を把握する必要がある. そこで本研究では, コンクリート中における発信波の伝播・拡散状況を実験的に調べた. さらに, 粗骨材が発信波の指向性に及ぼす影響を比較検討するため, 無収縮モルタルを用いた同様の実験を実施した.

2. 実験方法

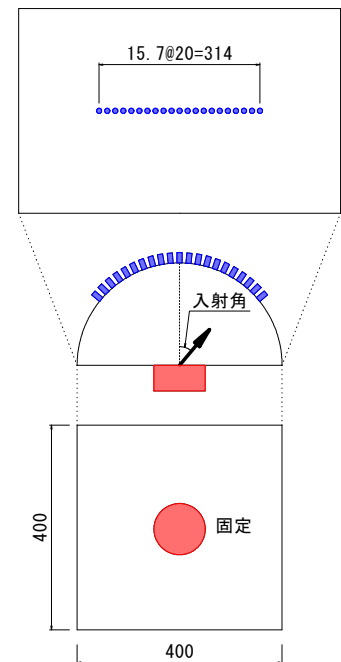
計測には, 図-1 に示す半径 200mm, 高さ 400mm の半円筒状のコンクリート・モルタル製供試体を用いた. 計測方法は, 試験体の平面中央に発信子を, 入射角 -50° ~ 50° の範囲で 5° 間隔にて受信子を曲面に配置する透過法とした. なお, 超音波探触子は曲面に配置することができないため, レーザドップラ振動計 (LDV) を受信子として用いた. 計測の際, 発信側には振動子径 $\phi 76$ mm, 中心周波数 500kHz の広帯域型超音波探触子を, 受信側には周波数範囲 0.1~300kHz の LDV を用い, 時刻歴波形の記録にはサンプリング周波数を 10MHz, 平均化回数 1024 回としたオシロスコープを用いた. また, 図-2 に示すように, オシロスコープは, 超音波装置より発信電圧の印加時にトリガ信号を取り出すことで, 発信波と同期させた.

3. 実験結果および考察

3.1 透過波の時刻歴波形

モルタル供試体およびコンクリート供試体の時刻歴波形を図-3, 図-4 に示す. 各グラフともに, 横軸は全測点における最大電圧値を 1.0 とした正規化している. 入射角と受信波電圧の最大値 (絶対値) の関係を図-5 に示す. モルタル供試体では入射角 0° で電圧値が 1.9V と最大となり, 入射角が増減するにつれて急峻に電圧値が低下しており, 入射角 $\pm 25^{\circ}$ 以降では電圧値の低下が穏やかとなり, $\pm 40^{\circ}$ 以降で概ね一定となっている. これより, モルタルにおいては発信波の直進性が強いことがわかった. コンクリート供試体では, 入射角 -10° ~ 15° の範囲では電圧値が 0.4V 程度であり, その範囲から離

15.7mm (5° 相当) ピッチで21点計測



■ : 発信子 ($\phi 76$ 探触子)

● : 受信子 (LDV)

図-1 供試体概要

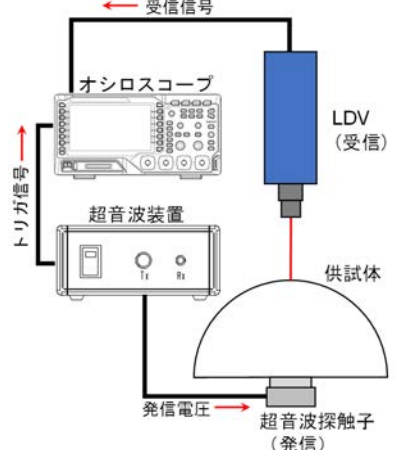


図-2 機器構成

キーワード 広帯域超音波, 非破壊検査, 弾性波, プレストレストコンクリート, レーザドップラ振動計
 連絡先 〒101-0064 東京都千代田区神田猿樂町1丁目5-18 千代田ビル6F TEL03-5577-8033

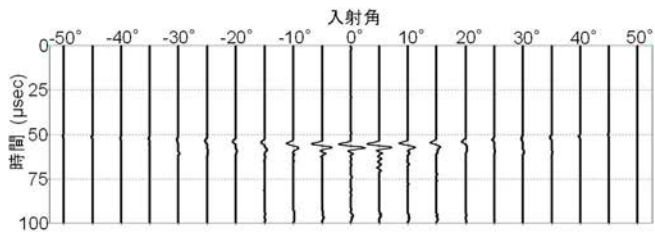


図-3 モルタル供試体の時刻歴波形

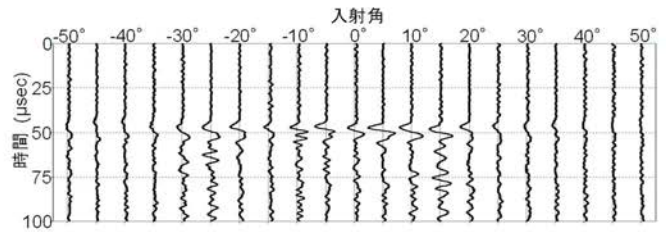


図-4 コンクリート供試体の時刻歴波形

れるにつれて電圧値が低下し、 $\pm 40^\circ$ 以降で概ね一定となった。

コンクリートにおいては $\pm 10^\circ$ の範囲でモルタルと比べて最大電圧値が50%以下と低く、発信波の直進性が劣る結果となった。これは、発信波が骨材の影響により散乱減衰したためと考える。時刻歴波形より、受信波の初動以前に僅かに生じている振動をノイズとすると、ノイズの最大振幅は0.12Vであった。ノイズより2倍以上の振幅を有意な信号とすると、透過波が確認できる範囲はモルタルで $-30^\circ \sim 30^\circ$ 、コンクリートでは $-30^\circ \sim 20^\circ$ の範囲であった。

3.2 透過波のスペクトル

時刻歴波形より、受信波の初動部分を窓関数で抽出し、FFTスペクトルを得た。図-6に入射角と初動波のスペクトルピークの関係を示す。図-6よりモルタル供試体においては $-5^\circ \sim 5^\circ$ の範囲ではスペクトルピークが200kHz以上あり、入射角が増減するにつれてピーク周波数が低下していることがわかる。これより、発信波は200kHz程度の高周波帯域においては直進性が強く、周波数が低下するにつれて直進性も低下していくことがわかった。コンクリート供試体では入射角 0° でスペクトルピークが130kHzと最大となり、入射角が増減するにつれてスペクトルピークは概ね低下した。モルタル供試体と比べて入射角 0° 時のスペクトルピークが低下した原因として、粗骨材の影響が考えられる。コンクリート供試体の弾性波速度が4500m/sであるため、130kHzの弾性波の半波長は17mmとなる。これは、粗骨材の最大寸法20mmに概ね相当する。これより、半波長が骨材寸法より小さい帯域の弾性波は散乱現象により減衰したものと考えられる。

4. まとめ

コンクリートおよびモルタル製の半円筒供試体を用いて、振動子径 $\phi 76\text{mm}$ 超音波探触子の発信波の拡散状況について検討を行った結果、以下のことがわかった。

- (1) モルタル供試体では発信波の直進性が高く、コンクリート供試体では骨材による散乱減衰の影響で発信波の直進性が低下する。
- (2) モルタル・コンクリートのいずれにおいても、透過波として有意な信号をノイズ振幅の2倍以上とすると、発信波は概ね $-30^\circ \sim 30^\circ$ の範囲に拡散する。
- (3) 入射角が小さくなるにつれ初動波のスペクトルピークが高くなる傾向にあることから、高周波帯域の発信波の直進性が高いことがわかった。

参考文献 1)濱岡弘二, 青木圭一, 原 幹夫, 木下尚宜: 広帯域超音波法を用いたPCグラウトの充填調査, プレストレストコンクリート工学会, Vol.56, pp.35-40, 2014.

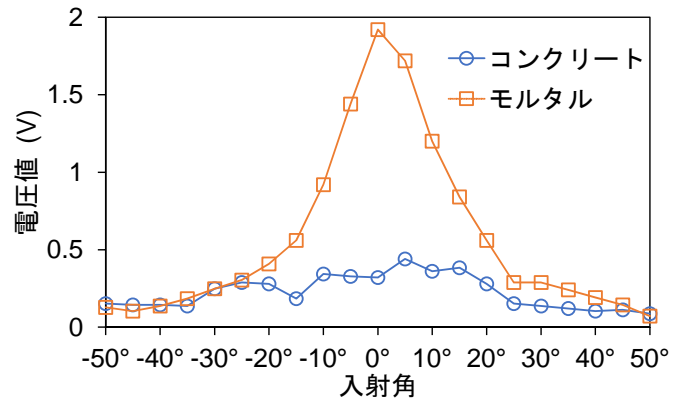


図-5 入射角と受信波最大電圧値

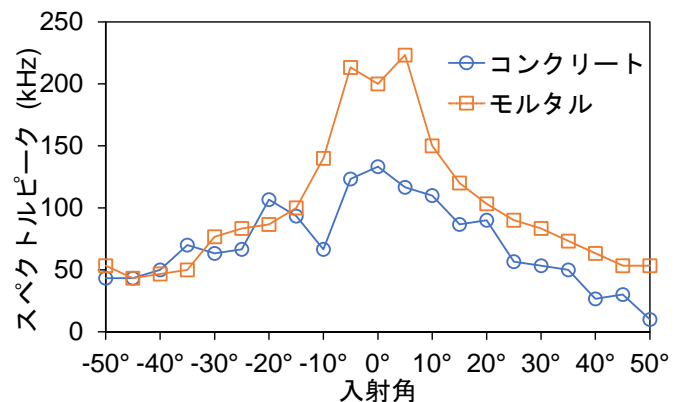


図-6 初動波の入射角とスペクトルピーク