

PSBP を用いたコンクリート壁面水中部の超音波伝搬基礎実験

寒地土木研究所 正会員 ○岸 寛人

超音波のパラメトリック送受波器を用いて、室内実験水路のコンクリート壁面へ入射角 45 度、50 度で超音波を照射し、超音波照射位置から離れた位置に設置したハイドロフォンにより縦波、横波の受信を行った。その結果、1.2m 離れた位置で縦波および横波が受信できる可能性が示された。

1. 目的

ダム等構造物水中部の点検は潜水士の目視により実施されるが、人口減少に伴い潜水士の確保が難しくなることが予想されており、国土交通省の次世代インフラ用ロボット開発・導入の推進のもと目視を代替する複数の技術が提案された¹⁾。一方、構造物気中部のコンクリート点検では目視点検の他に、定量的な手法として超音波や弾性波による圧縮強度の評価等²⁾などが存在するが、水中部については事例が少ない。そこで水中部のコンクリート点検への超音波の利用可能性を検討するため、室内実験水路で基礎実験を行った。

2. 実験装置

超音波の送信にはパラメトリック送受波器（以下、PSBP：Parametric Sub-Bottom Profiler）、受信にはハイドロフォン TC4013 を使用した。PSBP は周波数がわずかに異なる音波（1 次波）を同時かつ同軸方向に送信することで、差の周波数の音波（2 次波）を発生する装置で、2 次波は周波数が低いため透過性が良く、同時に 1 次波の周波数と同等の指向性も有しており、海底下地層探査の方位分解能を向上させる方法として利用されている。本稿では同装置から送信する 1 次波と 2 次波の両方を用いて実験水路のコンクリート表面を伝搬する超音波の検出を試みた。

3. 実験方法

図 2 に実験方法概略図を示す。PSBP は水路壁面から 0.7m の位置に設置し、PSBP から水路壁面に下ろした垂線との壁面の交点を原点として、そこから水路縦断方向の壁面上 1.2m の位置にハイドロフォンを設置した。PSBP およびハイドロフォンはそれぞれの音響中心が水面および水底から 0.7m となるように設置した。ハイドロフォンは壁面に軽く接触するように粘着テープで固定し、さらに PSBP から送信された超音波が直接ハイドロフォンに到達しないよう厚さ 10mm の発砲ゴムシートで防音カバーを作成し、ハイドロフォンを覆った。

壁面に入射した超音波は、縦波、横波、表面波等に変換され伝搬するが、硬さや亀裂等の構造物の状態推定に利用することを想定して縦波、横波を検出対象とした。伝搬した超音波をハイドロフォンで受信し、波形のピークの立ち上がり時刻をもとに、受信波が縦波、横波のどちらであるかを推定した。入射角は 45 度、50 度とし、送信波は中心周波数 100kHz、2 次波周波数 8kHz、10kHz、12kHz を使用した。



図 1 PSBP（左）とハイドロフォン（右）

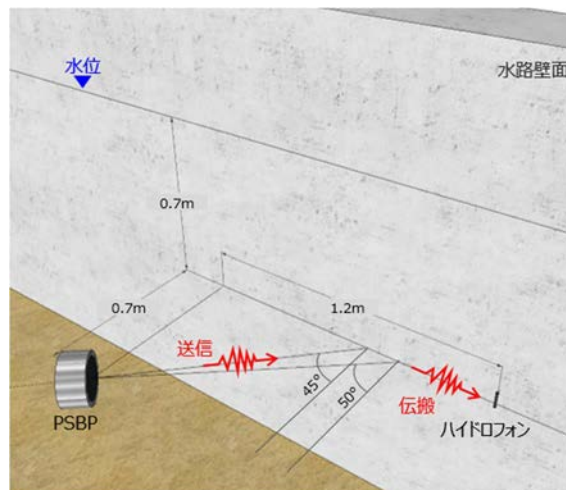


図 2 実験方法概略図

キーワード 超音波, PSBP, コンクリート, 水中

連絡先 〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-34 (国研) 土木研究所 寒地土木研究所
TEL011-590-4049

4. 解析と考察

解析結果を図3, 4に示す. 解析ではまずハイドロフォンで受信した波形をバンドパスフィルタにより1次波と2次波に分離し, 包絡線検波(図中のオレンジ色実線)をした. 次に, コンクリート表面を伝搬する縦波音速を4100m/s, 横波音速を2500m/s, 水中音速を1500m/sと仮定し, 各波の到達予想時刻を算出し, コンクリート表面の縦波, 横波, ハイドロフォン直近まで水中を伝搬した場合の予想到達時刻をそれぞれ緑色, ピンク色, 青色の破線で図中表示した. この各予想到達時刻に対応するピークの立ち上がり(ピーク振幅の10%, 赤色実線)を検出し, 各波形が縦波, 横波のどちらかを推定した.

図3の入射角45度の場合の1次波について, $916\mu\text{s}$ のピークの立ち上がりとは横波予想到達時刻が近く, 横波を検出できていると考えられる. 2次波について, 8kHzでは $875\mu\text{s}$ のピークの立ち上がりとは縦波予想到達時刻が近く, 縦波を検出できていると考えられる. 8kHzでは立ち上がりとは縦波予想到達時刻に近いのに対し, 10kHz, 12kHzでは遠くなっている. これはピーク振幅の10%の位置を立ち上がりとして検出しているためであり, 10kHz, 12kHzでも縦波は受信されていると考えられる.

図4の入射角50度の場合の1次波でも, $934\mu\text{s}$ のピークの立ち上がりとは横波予想到達時刻が近く, 横波を検出できていると考えられる. 2次波については, どの周波数でも複数のピークが連続しているが, 10kHzでは $876\mu\text{s}$ のピークの立ち上がりとは縦波予想到達時刻が近く縦波である可能性がある. また, 8kHzでは $882\mu\text{s}$ のピークの他に $824\mu\text{s}$ にも小さいピークがあるが, 10kHzとの比較から $882\mu\text{s}$ のピークが縦波に対応していると考えられる. しかし, 12kHzの $800\mu\text{s}$ 付近にも小さいピークがあるなど, 入射角45度の場合と比較すると複雑な波形となっている.

5. まとめ

実験結果から入射角45度, 50度において1次波では横波を, 2次波では縦波を検出できる可能性が示された. 本実験では水温を測定していなかったため, 正確に水中音速を算出することができていない. 今後の実験では, 水温測定により正確に音速を算出することで精度を高め, 模擬亀裂の検出等について実験を行う.

謝辞

東京大学の浅田名誉教授には実験において多大なご協力を賜りました. ここに厚くお礼申し上げます.

参考文献

- 1) 国土交通省総合政策局公共事業企画調整課: 水中部点検におけるロボット活用マニュアル(案)【ダム堤体編】, https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/dam8/pdf/suityubutenken_robot_manual_dam.pdf
- 2) 岩野聡史他: 弾性波速度の測定によるコンクリートの圧縮強度の推定, コンクリート工学年次論文集, Vol. 25, No. 1, pp. 1637-1642, (2003)

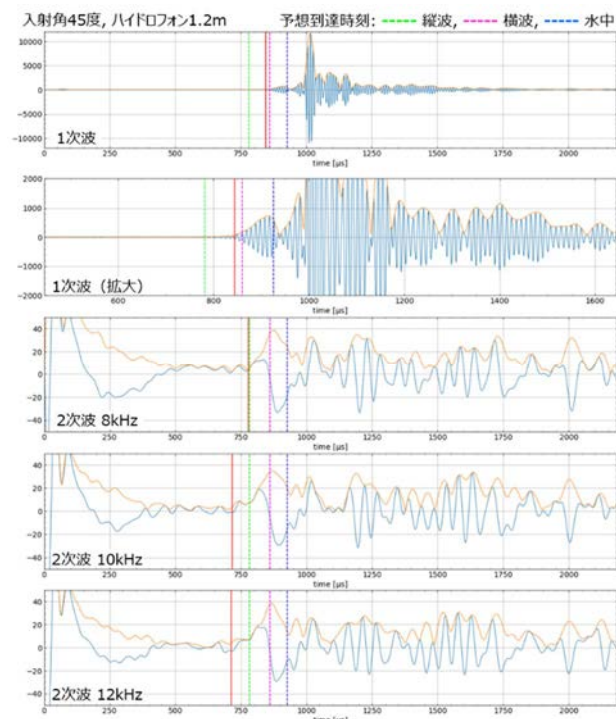


図3 入射角45度の場合の受信波

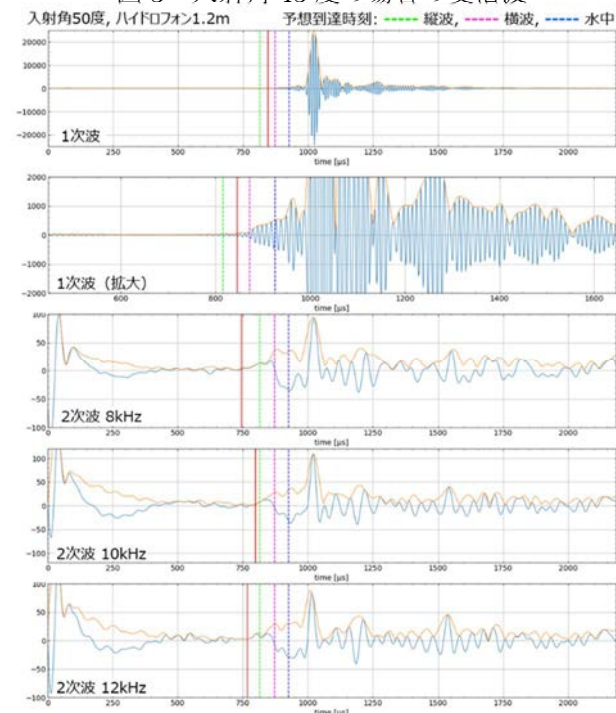


図4 入射角50度の場合の受信波