

室内実験用孔内ストンリー波計測システムの試作

弘前大学工学部知能機械工学科 ○非会員 船橋 文都
弘前大学大学院・理工学研究科 正会員 齊藤 玄敏

1. はじめに

我が国は地殻変動が著しい場所に位置するため、断層が多く、地質構造が複雑である。そのため、地層およびその力学的特性の側方変化が著しく、岩盤においてはき裂の発達程度が高い[1]。

岩盤中のき裂調査法の1つに音波検層法がある。音波検層は検層ツールの発振子から音波を孔井に沿って送信し、音波の速度の変化や透過率、反射率などから岩盤の速度構造やき裂の有無を推定するものである[2]。

音波検層による通水性き裂の検出では、検層波形中に現れる孔内ストンリー波の利用が有望視されている。これは、孔内ストンリー波が孔壁と孔内流体の境界をほとんど減衰することなく伝播し、その一方で、流体が移動する透水性き裂に対しては大きく減衰することによる[3]。

本研究では、孔内ストンリー波の伝搬特性を明確するために、室内実験システムの構築を行った。構築した室内実験システムの概要と現在、得られている測定データについて説明する。

2. 計測システム

計測システムは Photo.1 に示すように、音波の送信部、受信部、孔井モデルからなる。

送信部

方形パルスをファンクションジェネレータ(NF WF1945)を用いて発生させ、その方形パルスをパワーアンプ(NF HAS4012)で増幅し、超音波トランスデューサ(NF AE-900F2-WP-T)で音波に変換して孔井モデルに入射させる。

超音波トランスデューサは、Photo.2 のように孔底部に高真空接着剤で孔との間に隙間ができないように接着した。

受信部

孔井モデルの孔に受信機を挿入するが、その受信機が測定の際、孔の中心に位置するように以下の材料を用いて芯出し機構を作製した。(Photo.4)

- ・アルミパイプ
- ・提灯バネ
- ・超低頭ねじ
- ・鉛(板おもり)
- ・Oリング(受信機に取り付けるため)

受信機はブリュエル・ケアー社製のハイドロフォン 8103 (Photo.3)を使用した。付属のOリングを外径8.30mmのものに変更し、アルミパイプに対する受信機の据付を安定させるために用いた。

受信機をアルミパイプの中心に位置させるため、Fig.1 に示すようにねじを2箇所取り付け、その反対方向に鉛を接着剤で貼り付けた。このようにすることで、受信部を面で支えることになり受信機支持の安定化が期待できる。

また、提灯バネ(ねじ1個で固定)を3個取り付けているが、バランスを考慮して Fig.2 ように上面から見て120度ずつずらして設置した。

孔井モデル

孔井モデルの材料にアルミニウム(P波:6420 m/s, S波:3040 m/s)を用いて以下の3のモデルを作製した。

- ・モデル1: 直径200mm,高さ250mmの円柱。中心に直径18mmの孔(貫通)を掘削している (Photo.5)

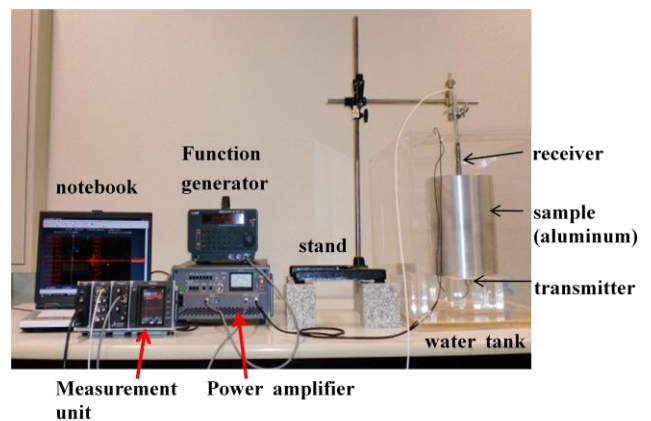


Photo.1: 計測システムの概観

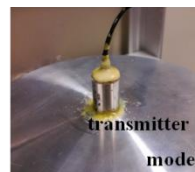


Photo.2: 送信機



Photo.3: ハイドロフォン

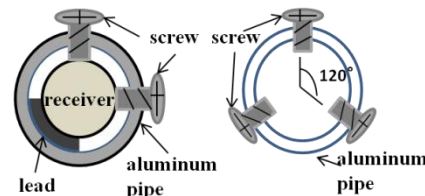


Figure 1: ねじと鉛の配置

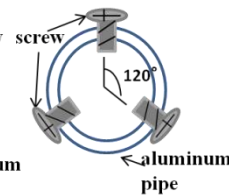


Figure 2: 提灯ばねのねじの配置



Photo.4: 受信部

- モデル 2 : モデル 1 を平行に上部 150mm, 下部 100mm に分割することで, き裂(隙間)を作製 (Photo.6)
- モデル 3 : モデル 2 のき裂を 15 度傾けて作製 (Photo.7)

モデル 2・3 を作製する上で, き裂の開口幅を変更できるように, 支柱材を 4 個用いてき裂の開口幅を調節できるようにした(Photo.8). 支柱材は 4 種類(高さ 40.0mm, 40.2mm, 40.5mm, 41.0mm)作製し, 支柱材をモデルに固定するため, 支柱材 1 個あたり六角ボルト(M6×25, Photo.9)を 2 本(測定に使用するボルトは 2 本×支柱材 4 個=計 8 本)使用した(Fig.3). なお, 孔井モデルを岩石試料に置き換えることも可能である.



Photo.5 : モデル1

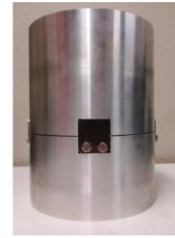


Photo.6 : モデル2



Photo.7 : モデル3



Photo.8(上) : 支柱材



Photo.9(下) : 六角ボルト

3. 測定波形の例

孔井モデル 1 において, Fig.4 に示す波形が得られた. これらの波形は中間点の高さ(125mm)を基準とし, ±80mm の計 160mm を 20mm 間隔で 9 点測定した.

測定波形は測定点が送信器から離れるにしたがって到来が遅くなり, 特に低周波の遅延が大きくなっていることが目視でも確認することができる.

周波数センブランス法により速度推定を行った結果を Fig.5 に示す[4]. 周波数 $f=6.6[\text{kHz}]$ のとき, 位相速度は $v=1400[\text{m/s}]$ となっている. コンターの分布から, 測定波形は速度分散性を有していることがわかる. また位相速度の値から, 測定波形は孔内ストンリー波と推定できる.

4. おわりに

本研究では, 孔内ストンリー波の伝搬特性を明確するために, 室内実験システムの構築した. アルミを材料として孔井モデルで測定を行い, 周波数センブランス法で解析した結果, 孔内ストンリーが測定できていることがわかった. 引き続き孔井モデル 2・3 においても同様の測定を行う予定である.

謝辞

本研究は, 科学研究費補助金, 基盤研究(C), 課題番号 2156844 で行われたことを付記し, 関係者各位に謝意を表す次第である.

参考文献

- [1] 物理探査学会 : 物理探査ハンドブック, 物理探査学会, 1998.
- [2] 佐々宏一ら : 建設・防災技術者のための物理探査, 1993.
- [3] Paillet and Cheng, Acoustic Waves in Boreholes, CRC Press, 1991.
- [4] Neidle et al., Semblance and other coherency measures for multi-channel data, Geophysics, 1971.

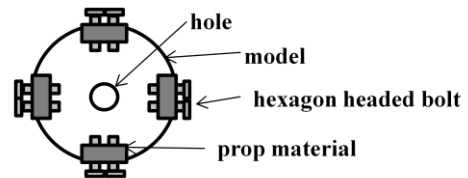


Figure.3 : 上面から見た支柱材と六角ボルトの配置

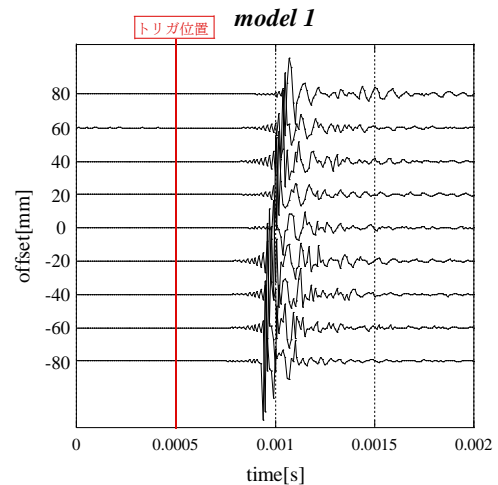


Figure.4 : モデル 1 における孔内ストンリー波の測定波形

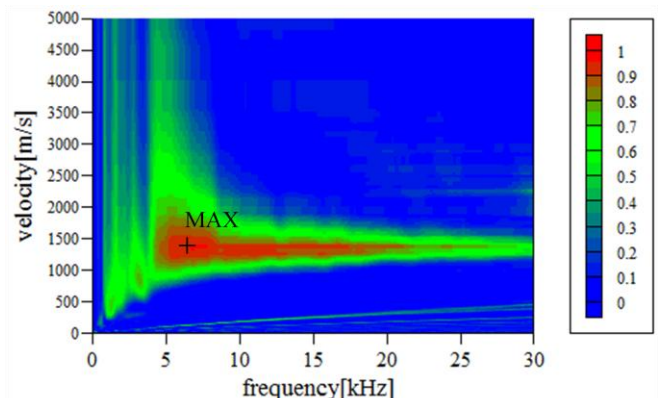


Figure.5 : 周波数センブランス法による速度分散の様子