

弾性波速度の周波数分散を利用した岩盤探査技術に関する研究（1）

電源開発（株） 正会員 ○多田康一郎 伊藤 孝 奥村 裕史
 京都大学大学院 正会員 大西 有三 西山 哲 矢野 隆夫
 株式会社シーテック 菅原 佳喜

1. はじめに

弾性波速度の周波数分散を利用した岩盤探査とは、ボーリング孔間において複数の異なる周波数で測定された走時データから、水で満たされた岩盤中の P 波（疎密波）速度の分散周波数を調べ、Biot 理論を用いて広域透水場を求めようとする技術である。当該技術は、「二酸化炭素の地下貯留」および「高レベル放射性廃棄物の地層処分」等において非常に有効なものであるが、現時点では確立された計測手法はない。特に、数十 kHz の高周波数 P 波を使用することから伝播中の減衰が著しい上に、高出力を出すことが不可能であるため、受信点で鮮明な波形を捕らえることが非常に難しい。本研究では、現地計測を通じて得られた計測機器に関する各種知見についてまとめたものである。

2. 計測機器および計測場所

試験機器は図 1 に示すとおりである。各々の機器の仕様は表 1、計測概念を図 2 に示す。計測は、電源開発新豊根発電所（愛知県北設楽郡豊根村大字古真立）内の換気トンネルに、20.16m 間隔でφ66 のボーリング孔を削孔したものを利用した。計測場所が換気用のトンネルであったため、発電機をトンネル外に設置せざるをえず、そこから約 150m をケーブルで輸送して電源とした。



図 1 計測機器

表 1 計測機器仕様

No.	機 器	メーカー	型式	仕 様
	パルスジェネレーター	Agilent	33220A	周波数 1μHz ~ 20MHz、振幅 10mV ~ 10V
	アンプ（発信側）	NF 回路設計 ブロック	HSA4052	最大電圧 300Vpp、周波数 DC ~ 500kHz、 利得：20 倍 ~ 200 倍
	ピエゾ発信器	ITC		最大出力 200W、周波数 2kHz ~ 40kHz
	ハイドロフォン：2 台	Brüel&Kjær	8105	感度 205dB re 1V/1μPa、周波数 1Hz ~ 100kHz
	アンプ（受信側）：2 台	Brüel&Kjær	2635	最大利得 80dB
	オシロスコープ	LeCroy	WR6050I	チャンネル数 4、最大サンプリグ速度 1GS/s、 感度 2mV ~ 10V/div
	発電機	株式会社マキタ	G140IS	定格出力 1,350VA

計測機器のうちハイドロフォンについては、収音部を孔壁から養生すること、および孔内中央にセンタリングするためのガイドをアルミで製作した。

3. 計測機器動作確認方法

計測機器の動作確認については、発信側ではアンプよりモニター電圧（出力電圧の 1/100）が出力され、それをオシロスコープに入力して実施した。受信側においては、ハイドロフォンからアン

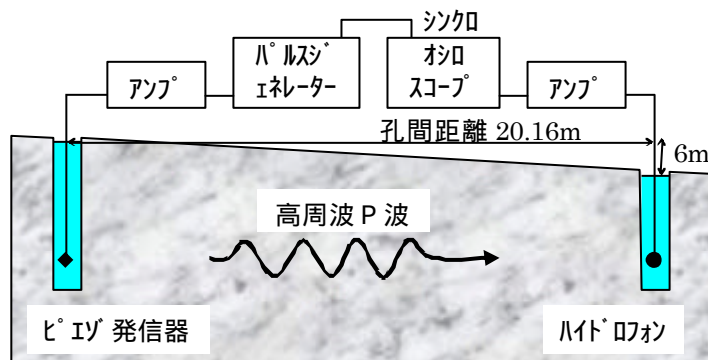


図 2 計測概念

キーワード 広域透水場、高周波数 P 波、電力量、受発信絶縁

連絡先 〒253-0041 神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎 1-9-88 電源開発(株)茅ヶ崎研究所 TEL0467-87-1211

プを通じてオシロスコープに入力された波形を確認した。確認計測にあたっては、パルスジェネレーターよりバースト波（一定間隔で同波形を連続的に出力）を発信させた。

4．計測機器動作確認結果

計測機器の動作確認をした結果、アンプの出力および電圧ノイズの2つの問題が発生した。それらの問題について、原因と対策を記す。

4.1 アンプ出力制限

動作確認を実施したケースおよびその際の可能最大出力（電圧）を表2に示す。2kHz～15kHzの間ではアンプの最大電圧までをピエゾ発信器に負荷できるが、それ以上の周波数ではアンプが出力できなくなり、負荷電圧を下げざるえなくなる。これは、アンプに与える電力量が小さいことが原因であり、発電機（100V）から150mのケーブル輸送により70V程度に減圧したものを、再び100Vに昇圧して使用しているためであると推測される。この問題については、大容量の200V発電機または発電所内の200V動力電源を使用し、計測地点まで200Vで輸送したものを100Vに減圧して使用することにより解消できると考えられる。

表2 動作確認ケース

ケース名	発信波周波数	可能最大出力
A - 02	2kHz	360V
A - 05	5kHz	360V
A - 10	10kHz	360V
A - 15	15kHz	360V
A - 20	20kHz	330V
A - 25	25kHz	270V
A - 30	30kHz	190V
A - 35	35kHz	150V
A - 40	40kHz	160V

4.2 発信側ノイズ伝播

次に、周波数15kHz出力360Vバースト波（発信間隔20ms、10波）をピエゾ発信器より発信し、岩盤中を伝播しハイドロフォンで受信された波形（スタック数100,000）を図3に示す。グラフは横軸に発信からの経過時間（ms）、縦軸に受信波電圧（mV）を示している。B-1は受信波形全体を、B-2はその一部を拡大したものである。

B-1において、0.0ms～1.0msの間に確認される波形は、P-Pで20Vを超えているが、これは出力時にアンプから流出したノイズである。原因は、出力電気系統と入力電気系統が絶縁されていないことであり、絶縁トランスの設置や、適切なアース設置等により解消できると考えられる。B-2に示される

ように、ノイズ終了後にP波を受信すれば初動を読取ることは可能であるが、発信波の周波数が小さくなると受信波形部までノイズが到達し、測定に制限を設けてしまうことになる。また、受信波を周波数解析等の処理にかけの際に手間を生じさせることになる。なお、計測対象である花崗岩の室内試験におけるP波速度は4,800m/s～5,500m/sであり、現地計測にて初動が3ms台後半に現れていることと一致している。

5．まとめ

計測機器の各々の仕様が計測方法や設定ケースに適っていても、電力量の確保、受発信間の絶縁確保およびアースの適切な設置等が行われなければ、良質なデータが得られないことが分かった。今後は、今回得られた知見をもとに、さらに良質なデータ取得を目指して計測設備の改良を行う予定である。

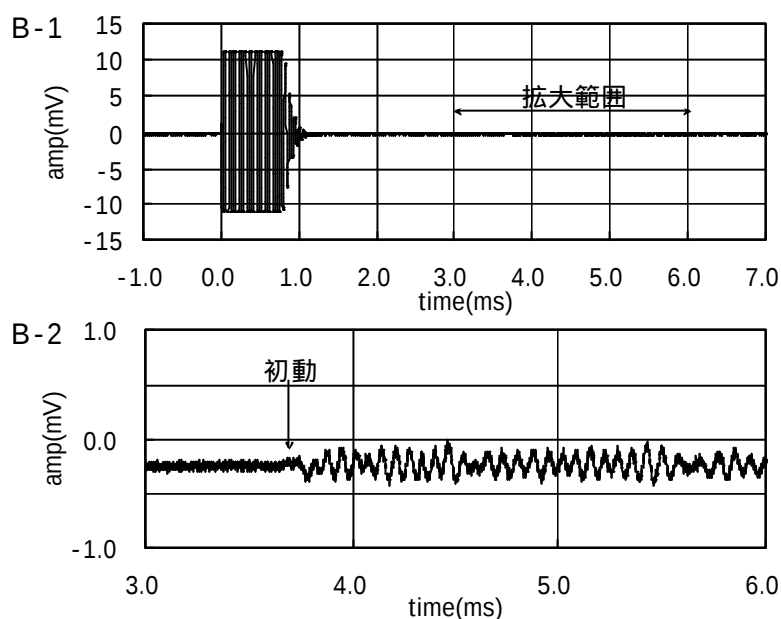


図3 計測結果