

ボアホール用ハイドロフォン・ゾンデの試作

○加納 靖之・柳谷 俊・西上 欽也

1. はじめに

断層サイトにボーリング孔を掘削して、AE（アコースティック・エミッション、ここでは従来の高周波地震計の帯域より高周波に感度をもつ“センサー”で検出した破壊またはすべりに起因する弾性波をさす）をモニターすることは、断層が地震サイクルのどのステージにあるか？を診断するための有効なツールになることが期待される。たとえば、AE の高感度なモニタリングが可能になれば、地震学的には静穏な地震の準備過程であっても、断層面では着々と応力がたかまり、ミクロ的には破壊やすべりが進行しているのか？それとも、どのような「虫めがね」でみても本当に静かであるのか？といった問いに答えることができる。

われわれは、このような観点から、断層面にプローブしてそこで発生する AE を計測するためのボアホール機器を開発した。ここではその詳細を述べる。

2. AE のセンサーと信号処理

フィールドの微小地震（～500 Hz）と実験室で観測される AE（10 kHz～1 MHz）については、Gutenberg-Richter 則が成立することが明らかにされている。われわれがいま測定しようとしているフィールドの AE は微小地震と AE のギャップの周波数帯に存在し、上記のスケーリング則も成立するはずである。鉱山で発生する山はねを除外すれば観測例はほとんどないが、これは計測システムという観点から見ると、この帯域をカバーする地震計がないこと、現象の方から観ると、だんだん現象のエネルギーが小さくなるうえ、そこから放射される弾性波が地表表層部でいちじるしく減衰し、地震計まで到達しなくなることによる。ボアホールを断層へのプローブとしてつかう意味はここにある。

さらに、ボアホールは通常水で満たされているから、AE センサーとしてハイドロフォン（B&K 社 8105）をつかう。ハイドロフォンは無指向性

の音圧センサーであり、B&K 8105 の周波数特性は 0.1 Hz～180 kHz、感度は 50 $\mu\text{V}/\text{Pa}$ である。ハイドロフォンをつかうおおきな利点は、ボーリング孔内の水が、岩盤とセンサーのカップリングとして働くことにあるが、S 波は水中を伝播することができないから、得られる情報が現象の P 波にかかわるものに限定されるのが欠点である。

AE ゾンデはハイドロフォン用プリアンプ、バンドパスフィルター、差動ラインドライブ用のアンプから構成され、電源は地表から供給される（図 1）。ハイドロフォンは圧電素子がセンシングエレメントであるので、高入力インピーダンスのプリアンプをつかって信号を増幅する（ゲイン 40 dB～60 dB）。差動ラインドライブは、500 m 以上の距離で差動信号をドライブするのに使われる。AE ゾンデとケーブルは、500 m の水圧に耐えるように設計されている。

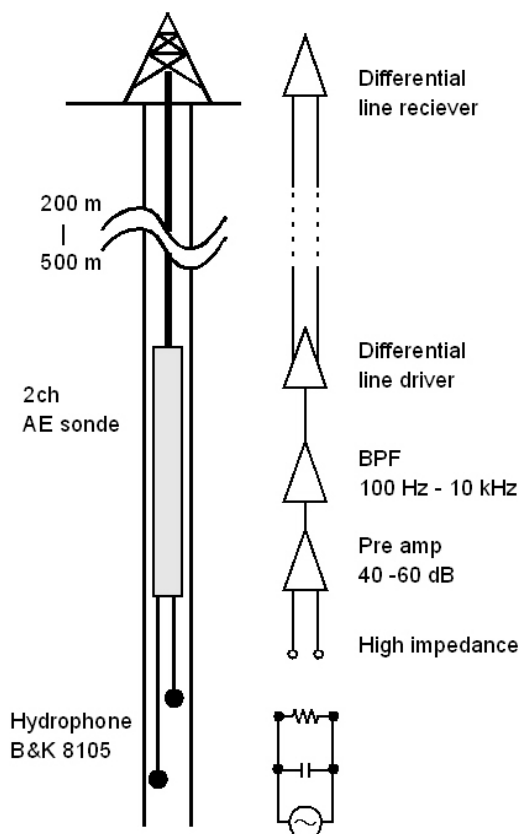


図 1. ボアホール用ハイドロフォン AE ゾンデの概念図。