

ハイドロフォンを用いたAEモニタリング

AE monitoring using Hydrophone

手嶋 正和 [1], 道廣 一利 [2], 柳谷 俊 [3]

Masakazu Teshima [1], Kazutoshi Michihiro [2], Takashi Yanagidani [3]

[1] 摂南大・工・社会開発, [2] 摂南大・工・土木, [3] 京大・防災研・地震予知セ

[1] Social Development Eng., Setsunan Univ., [2] Civil Eng., Setsunan Univ., [3] RCEP, DPRI, Kyoto Univ.

現場におけるAEの測定において、そのAEセンサーの設置方法は測定の質を左右する重要な要素である。これまでの設置方法はAEセンサーを直接的に興味のある岩盤に設置するものであったが、断層破碎帯等においてはこのような方法では設置が非常に困難であった。そこで我々は、通常のAEセンサーに代わり、ハイドロフォンをAEセンサーとして用いる測定システムを開発し、室内実験および現場測定を行った。測定を行った現場は岐阜県神岡鉱山茂住坑内で、茂住断層から分岐した断層の破碎帯である。一晚の測定の結果、2つのイベントをとらえることに成功した。実験および現場測定の結果、この測定手法の有用性が証明された。

1. はじめに

高度に破碎された断層領域におけるAEモニタリングを行う際、興味のある領域にAEセンサーを岩盤表面に強固に固定することは非常に困難である。AE測定の質は、AEセンサーの設置状態、基盤岩の大きさ、伝播経路に沿う岩石の地震波伝播特性や震源からの距離等によって決まるため、AEの測定においてAEセンサーの設置方法は大きな問題となる。そこで我々は、従来行われてきた直接的な設置に代わり、AEセンサーとしてハイドロフォンを採用した新しい測定手法を開発した。今回ののは、この測定手法を用いた室内実験と、岐阜県神岡鉱山茂住坑内における現場での測定について発表を行う。

2. AEセンサーとしてのハイドロフォン

本研究は、AEセンサーとしてハイドロフォンを採用することで、センサーの設置の困難さを解消しようとするものである。この手法は、乾いた領域には適用しにくいという欠点があるものの、現場においては非常に適している。例えば断層の破碎帯周辺は、地下水の湧き出しにより水溜まりがよく生じており、そのような場所ではその水溜まりにハイドロフォンを入れるだけでよい。また、少々乾いた領域であっても、ドリルで開けたボアホールを水で満たし、その中にハイドロフォンを設置すればよい。このような設置の容易さに加え、ハイドロフォンによるAEモニタリングシステムの特徴として、以下のようなことが挙げられる。第一に、このシステムは、従来のAEモニタリングシステムに比較して同等あるいは、より高感度の測定が期待される。これは、水が弾性波の伝播に優れ（AE波は、水の中ではP波としてのみ伝播する）、固体内（今回は岩石）を伝播する波と比べて減衰しにくいためである。第二に、水がハイドロフォンと周辺の岩盤とのよいカップリング媒体となり、ハイドロフォンの有効感度領域がより広がることが期待できる。

3. 予備的な室内試験

ハイドロフォンを用いたAEモニタリングシステムの有効性を確認するための室内試験を行った。試料として比較的大きな花崗岩ブロック（636 mm x 787 mm x 606 mm）を用い、上面に円柱状のボアホール（直径：90 mm）をあけ、水で満たし自作のハイドロフォンを設置した。側面には、接着剤を用いて直にPZT素子（直径：10 mm、共振周波数：650 kHz）を接着した。比較のため、ハイドロフォンのセンサー部には側面で用いたPZT素子と同様のものを使用し、防水のためにエポキシでコーティングを施した。これら2つのセンサーから距離と入射角が等しくなる岩石上の点でガラスビーズ（直径：0.6 mm）を押し壊して擬似AE源とし、これら2つのセンサーに入射されるイベントをデジタルサンプリングオシロスコープ（入力インピーダンス：1 M Ω // 20 pF）で観測した。その際の2つのセンサーに入射されたイベントの波形と振幅はほぼ同等レベルの波を受波した。この実験において、直接設置したPZT素子が非常に理想的に設置されていることを考慮に入れると、ハイドロフォンが従来のAEセンサーと比較して現場において、より実用的であると結論づけられる。

4. 茂住祐延断層の調査坑におけるAEモニタリング

現場は主断層から分岐した2番目の領域で、高度な断層破碎帯の中心である。坑道の側方に地下水のしみだしにより流れる小川に、ハイドロフォン（B&K8105）を設置し入射されるイベントを観測した。ハイドロフォンからの信号はチャージアンプ（B&K2635）により調整を行い、その出力を2つに分岐させた。一方は、ハイパスフィルターを通し周波数特性2 kHz ~ 180 kHzの出力を、もう一方は、フィルター無しで周波数特性2 Hz ~ 180 kHzの出力を設け、2つの出力をデジタルサンプリングオシロスコープにより観測した。出力を2つに分岐したのは、低周

波数成分に富む流水によるノイズからAEイベントを弁別するためである。約1日の観測で、2つのAEイベントによる波が検出された。これらの波の卓越周波数は、約80 kHzであった。これらの観測により、高度な破碎帯におけるAEモニタリングの際の、ハイドロフォンを用いた測定が非常に有用であることが証明された。