

# 84 波形解析による A E のノイズの分離手法に関する検討

独立行政法人土木研究所  
リングネット落石吸収柵工法研究会  
日本工営（株）

○千田容嗣  
門間敬一  
藤原鉄朗

## 1 研究目的

A E センサーで得られた A E 波形データには自然環境ノイズ（降雨等）、電気ノイズが含まれており、これらのノイズを除去する方法を検討する必要がある。ノイズの除去方法としては、① A E センサーがノイズを拾わないように設置方法を工夫する方法、② しきい値を設けてノイズを除去する方法、③ 得られたデータの波形を解析することによりノイズを除去する方法があると考えられる。ここでは、波形解析によって岩盤亀裂に伴う A E と電気ノイズ及び降雨に起因する A E の波形の特徴を解析し、分離方法を検討することを目的とする。

## 2 研究方法

### 2.1 使用データ

石川県逢坂地区において加速度計型 A E センサー（15kHz で共振）で計測された 1997 年 4 月～1999 年 2 月の A E 波形データ（175 データ）を使用した。なお、逢坂地区の地質は火山礫凝灰岩である。

### 2.2 解析方法

下記の手順で A E の発生原因を岩盤の変状（亀裂、破砕、崩落）、電気ノイズ、外的な要因によるノイズ（雨、足場作業、削孔、打音）に分類し、解析を行った。

- ① 計測時刻毎に整理した DAT データ（97 年 4 月～99 年 12 月）を気象データ、作業日誌及び現地地点検時の状況から発生要因別に分類した。また、表-1 で示すとおり、耳で聞いた A E（音）の特徴の知見が得られており、耳で聞いた定性的な特徴からも A E の発生要因を判断した。
- ② ① の発生要因別に代表的な A E 波形について振幅、持続時間に関する特徴を検討した。
- ③ また、発生要因別に分類した A E 波形に対して、40kHz の速度でサンプリングし、約 100msec の固定長の信号データを取り込んだ。
- ④ 信号データに対して FFT 法による周波数解析を行い、パワースペクトルを求めた。
- ⑤ 0～20kHz の周波数帯域を 40 等分し、各帯域のパワースペクトルを累積して 40 個のパワースペクトルで代表させた。
- ⑥ 上記の 40 個のパワースペクトルを変数として主成分分析を行い、主成分空間において発生要因別のパターン分類を行った。

## 3 解析結果

### 3.1 発生要因別の A E 波形の特徴

#### (1) 岩盤の変状（亀裂の発生）に伴う A E 波形の特徴

亀裂の発生に伴う波形を示す（図-1 (a)）。岩盤内に発生した亀裂に伴う A E は信号の立ち上がり鋭いがその持続時間が非常に短いという特徴がみられる。また、発生は周期的でなく個々が独立して発生するという特徴がみられる。最大振幅値については亀裂の規模や到達距離の影響からまちまちであった。周波数特性をみると 11kHz 付近にピーク周波数があり、大部分の成分が 10～13kHz の帯域に含まれている。1kHz～3kHz 程度の低周波数帯域の成分は亀裂による A E にはほとんど含まれていない。

表-1 A E 発生要因とその特徴

| 種類   | 発生要因 | 定性的な特徴           |
|------|------|------------------|
| 岩盤変状 | キレツ  | 周波数の高い信号が独立して発生  |
|      | 破砕   | 同時に多数の A E が発生   |
|      | 崩落   | 数秒間にわたって連続的に発生   |
| ノイズ  | 電気   | 同じ形状の信号が同じ間隔で発生  |
|      | 足場作業 | 金属音              |
|      | 削孔   | 打撃振動が連続して発生      |
|      | 打音   | 信号の持続時間が長い       |
|      | 転石   | 落ちる場所により音が異なる。   |
|      | 雨、雷  | 振幅値は小さいが音質に特徴がある |

(2) 電気ノイズに伴うAE波形の特徴

電気ノイズに伴う波形を示す(図-1(b))。時刻歴波形には周期的に発生する特徴がみられる。周波数特性をみると4kHz付近にピーク周波数がみられる。

(3) 降雨に伴うAE波形の特徴

時刻歴波形には連続して発生する特徴がみられる。周波数特性は2kHz付近にピーク周波数がみられる。

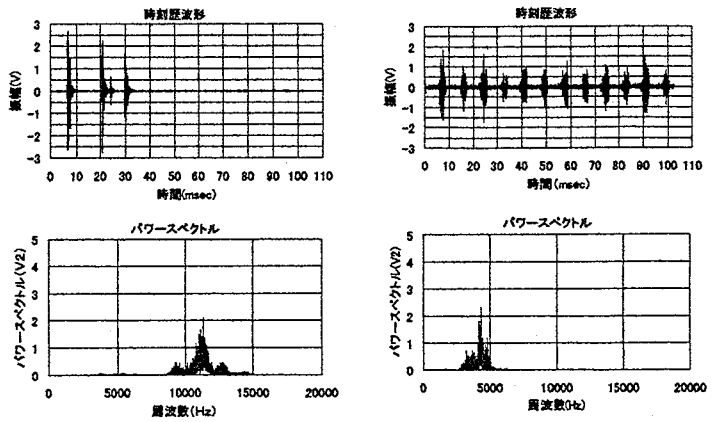


図-1 逢坂地区におけるAE波形例 (a) 岩盤亀裂発生に伴うAE波形 (b) 電気ノイズに伴う波形  
 以上のように発生要因により波形や周波数には特徴がみられる。しかしながら、取得されたデータから自動的にノイズだけを分離するのは亀裂発生に伴うAEにも低い周波数が含まれることなどから困難である。そこで、主成分分析による分離を検討した。

3. 2 主成分分析結果

(1) 因子負荷量

図-2に第1主成分と第2主成分に対する因子負荷量を示した。第1主成分では、8.5kHz付近を境に符号が逆転している。第1主成分は岩盤亀裂発生などの高周波数成分が多く含まれると負となり、ノイズ成分のように低周波数成分が多く含まれると正の値となる。このことから、第1主成分は検出した信号が亀裂発生などの高周波成分かノイズなどの低周波成分かを判別するのに有効と考えられる。

第2主成分では2.5kHz付近で符号が反転している。ノイズ成分のうち、電気ノイズは4kHz付近を中心に分布するが、雨などの外的な要因によるノイズは2.5kHz以下の周波数成分のみを有している。このことから、第2主成分はノイズ成分の種類を判別するのに有効と考えられる。

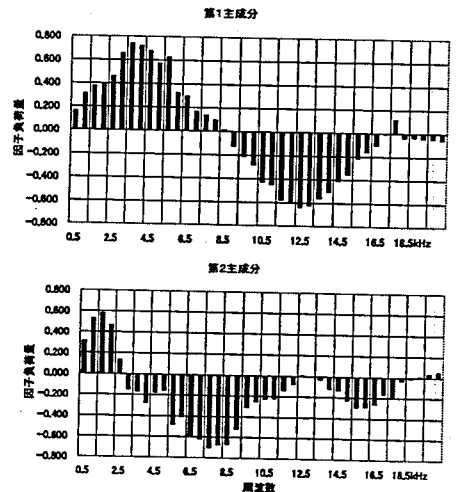


図-2 因子負荷量

(2) 主成分空間における分析

図3に第1主成分と第2主成分からなる2次元平面上にデータをプロットした。図から、各信号は岩盤の亀裂や小崩壊などからなるグループと電氣的ノイズのグループ、雨などの外的要因のグループの3つに分類できることがわかる。これらのうち、電気ノイズは比較的集中していることから各信号の周波数特性は類似しているものと考えられる。

また、岩盤の亀裂や小崩壊などのグループでは、詳細にみると亀裂の発生、破碎、小崩壊でその分布が異なっており、破碎現象の進展を把握できる可能性がありそうである。

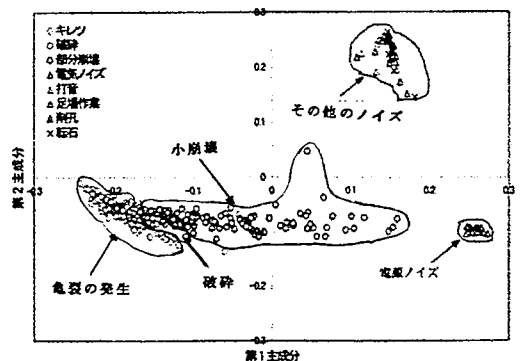


図-3 主成分平面におけるノイズの分離

4 今後の課題

異なる地質などでAE波形や周波数特性などについて同様な検討を行うとともに、より詳細な波形の分析を行うことなどにより、ノイズの分離手法等を確立したい。