

III-345 微小 A E 信号の検出に関する考察

西松建設株式会社 正会員 ○ 平田 篤夫, 石山 宏二
西松建設株式会社 正会員 稲葉 力, 佐藤 靖彦

1. はじめに

岩石や岩盤の微小破壊に起因する A E の規模別発生確率密度は、石本・飯田の統計式に従い、より振幅の小さい A E ほど多く発生する。しかも、破壊前の弾性域といえる応力状態から破壊直前に至るまで多数発生する¹⁾。岩石や岩盤の応力状態を的確に判断するためには、より微小振幅の A E を計測することが必要²⁾である。

A E の振幅は一般に微小であり、適当な倍率の増幅の後に記録される。アナログ記録の場合、S N 比の高い測定でなくとも波形記録をみれば A E かノイズかの区別はある程度可能である。それは、同時に他のセンサーで記録された若干 S N 比が高い A E 波形の形状と比較して判断する場合もあるし、ノイズに比べて異なる位相特性や継続時間の違いからも判別が可能である。しかしながら、ある破壊にともなって発生する A E は多数であり、その一つ一つについて A E の判別を行うには多くの作業が必要であるうえ、原位置における山はね等の安全管理に A E を用いるような場合にはリアルタイムで結果を出力しなければならず、S N 比の向上が期待できない計測を行わざるを得ないときにはノイズの効果的な分離が不可欠である。

以上のことを考慮して、交通振動による雑音レベルが高い環境下において、ノイズと同様な周波数帯域にある微小振幅の模擬 A E を計測し、その判別に関して検討を行った。

2. 計測概要

計測は川崎市に位置する沈埋トンネルの避難坑の壁面にセンサーを接着して実施した。避難坑と車道間は 50cm のコンクリート隔壁が存在している。センサーは厚み振動圧電素子を用いた加速度型とし、計測系の総合周波数特性は 500Hz ~ 5kHz の範囲で平坦である。

車両による振動はセンサー近傍を通過する前後において、10秒程度の継続時間があり、その振動レベルが高くなった時点でコンクリート壁面を打撃して模擬 A E を発生させた。打撃点とセンサーの位置関係やハンマーの種類を変更して模擬 A E の振幅レベルおよび周波数特性を調整した。

3. A E の発生頻度特性と微小 A E 信号検出

Fig. 1 は室内試験による岩石の一軸圧縮破壊過程で計測した 86 個の A E の最大振幅を正規化して 10 段階にまとめた規模別 A E 発生頻度図である。A E の発生確率密度を石本・飯田の統計式に従い、 $n(A) = k A^{-m}$ と表現できるとすると $m = 1.7$ でほぼ発生頻度の傾向が説明できる。ここで A は各事象の最大振幅、n は発生確率密度、k, m は正の定数である。しかし、敷居値付近の発生頻度は低く、計測されるべき微小な A E が計測系に関する設定等のために計測できなかった可能性がある。

Fig. 2 はデータ数 1kW, サンプリング周波数 12.8kHz, 継続時間 80msec の模擬 A E 波形である。模擬 A E 信号、交通振動はいずれも 1~2kHz 付近が卓越周波数帯域であり、S N 比が低ければバンドパスフィルターを用いてもノイズと信号の分離は困難である。S N 比の高い順に 3 波形を最大値で正規化して示す。(a) は比較的 S N 比が高い。適当な敷居値を設定し、検出した信号を包絡線検波して A E を検出する従来の手法でも容易に測定可能といえる。(b) は若干 S N 比が低下している。このような状態では検出した A E イベントにノイズ分を含む可能性が高い。(c) は肉眼でも A E との判別が困難な状態である。

Fig. 3 は上記の 3 波形について、 $E(t) = \int_0^t x^2(t) dt$ で表現する時間領域における計測データ $x(t)$ のパワー累積値を求め、最大値で正規化したものである。模擬 A E 信号部で主要なパワーが発生している。ノイズのパワー密度はほぼ一定で、定常振動場に非定常な信号が存在しているといえる。さらに、模擬 A E も一定のパワー密度を示している³⁾とすれば 2 種類の定常振動の重畳波形が観測波形と考えることもでき

る。ここで、肉眼では判別が困難な(c)についても(a), (b)と同様にその判別が可能である。

Fig.4 は観測データに対して、 $x_k = a_1 x_{k-1} + a_2 x_{k-2} + n_k$ の式で与えられる自己回帰モデルを適用して、データ数36個毎に自己回帰係数(a_1 , a_2)をプロットしたものである。模擬AE信号が存在する部分において自己回帰係数はノイズ部分とは異なる値を示した。

4. まとめ

これまで多数発生するが故に切り捨てられてきた微小振幅のAEは、それなりに豊富な情報を保持しているといえる。その微小振幅のAEについて、確率過程モデルを適用することができ、最も単純な二次の自己回帰モデルの自己回帰係数を用いて、簡便なノイズとの判別が可能であることを示した。今後、原位置計測データを用いて最適なパラメータに関する検討を行う予定である。

【謝 辞】

本研究を実施するに当り、川崎市港湾局には計測サイトの御提供と御協力を頂きました。また、熊本大学工学部、金子勝比古助教授には懇切な御助言を頂きました。記して感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 平田篤夫, 石山宏二, 稲葉力: 岩石供試体の動的性質から推定される岩盤の力学特性, 土木学会第20回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, 1988-2
- 2) 石山宏二, 平田篤夫, 稲葉力: 岩石の圧縮応力下で発生するAE波動特性, 土木学会第43回年次学術講演会講演集Ⅲ, 1988-9
- 3) 金子勝比古, 平田篤夫, 田坂朋裕, 大見美智子: 発破振動の予測法(その2)最大振動速度, 日本鉱業会春季講演会, 1988-4

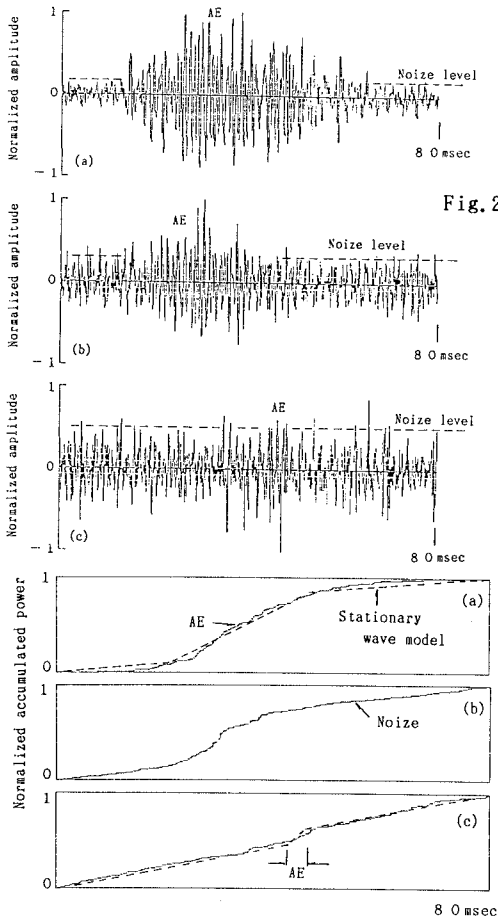


Fig.3 Normalized accumulated power on time domain.

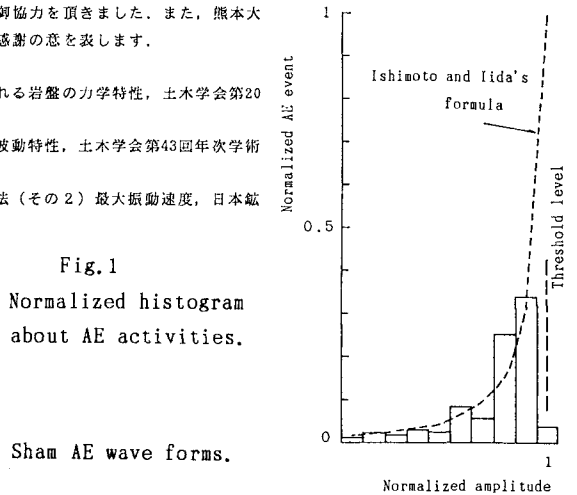


Fig.1
Normalized histogram
about AE activities.

Fig.2 Sham AE wave forms.

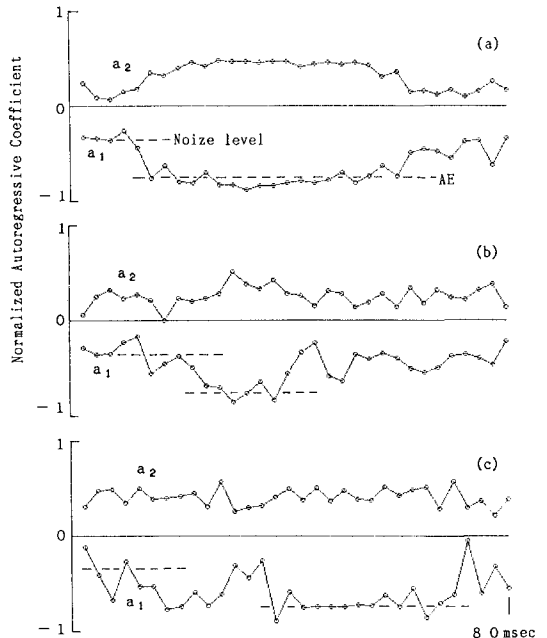


Fig.4 Judgment of AE wave by the change of the autoregressive coefficient.