

神戸大学工学部 正 谷本喜一
 神戸大学工学部 正 野田 耕
 神戸大学大学院 学 〇 中芝佳照

1. まえがき

ある材料が応力 σ によって変形するとき、エネルギーの放出の結果生じる特徴的な微震音 E Acoustic Emission (AE) という。材料物質の非破壊検査や破壊予知の手段として AE を応用することが考えられ、その実用化のための研究が各方面で活発に進められている。筆者らは AE の測定方法と土に適用し、土の変形・破壊特性と調べる一連の研究を行なっている。今回の報告はヒズミ制御方式の三軸せん断中に測定した AE の特性について以前の報告^{1), 2)}に新しく追加実験の結果と併せて、比較検討しながら考察を行なったものである。

2. 実験方法

実験装置は、三軸圧縮試験装置、AE 測定装置および AE 解析装置によって構成されており、載荷方法は荷重制御、ヒズミ制御の両用になっている。AE の検出は供試体底部に埋めこんだ圧電型トランスジューサー (DC ~ 40 kHz) を用いて行なった。

試料としては愛媛産マサ土 ($G_s = 2.73$, $D_{max} = 4.76 \text{ mm}$, $D_{10} = 0.105 \text{ mm}$, $U_c = 16.8$) と豊浦標準砂 ($G_s = 2.64$, $D_{max} = 0.37 \text{ mm}$, $D_{10} = 0.128 \text{ mm}$, $U_c = 1.37$) の 2 種類を用いた。そして実験はヒズミ制御方式で、含水比・乾燥密度・側圧・ヒズミ速度と種々にかえて排水条件のもとで行なった。なお標準砂は試料と考えることによって、AE 発生状況と破壊時間の関係がどのように変化するかと調べるために用いたもので、この場合はヒズミ速度 $\dot{\epsilon}$ にかえて実験を行なった。

3. 実験結果および考察

AE は種々の振幅をもつので、AE 発生数は読み取る振幅レベルの設定によってかわってくる。本研究では AE の信号から雑音と除去するために測定する振幅レベルを 1.0 V (プリマイニアンで増幅後の電圧) 以上として実験結果を整理した。

図-1, 2 は各々荷重制御、ヒズミ制御方式の代表的な実験結果で、主応力差・軸ヒズミ・単位時間 (1 分) 当りの AE 発生数の関係を示している。これからわかるように、図-1 の荷重制御方式の場合には、AE 発生数はあるヒズミ状態に達するまでの段階ではゆっくりと増加するが、そのヒズミをこえると急激に増加している。しかし、図-2 のヒズミ制御方式の場合には、AE 発生数は実験開始から徐々に増加していき、あるヒズミを境にして一定となる。この一定になった過程では、定常の粒子間摩擦が起きているものと推察される。このように両者の間にはかなりの差異があるようにみえるが、図-1, 2 の圧折点 T における応力 σ_t 、軸ヒズミ ϵ_t 、破壊点 F における応力 σ_f 、軸ヒズミ ϵ_f とし σ_t/σ_f , ϵ_t/ϵ_f を求めると図-3 のようになり、載荷方法の違いにもかかわらず、両者がかなり接近した値になることは興味深いことである。

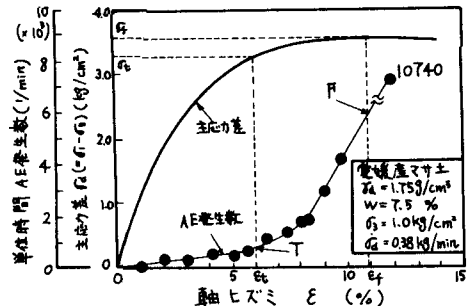


図-1 応力 $\sim$ ヒズミ, AE 発生数 $\sim$ ヒズミの関係 (荷重制御)

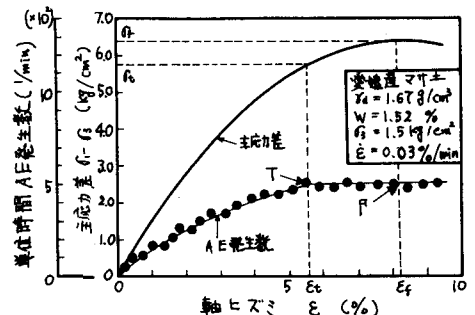


図-2 応力 $\sim$ ヒズミ, AE 発生数 $\sim$ ヒズミの関係 (ヒズミ制御)

次に、以前に提案¹⁾したように、AE増加率(R)と図-4の中の説明図のように、Nと実験開始から屈折点までの間に発生したAEの個数、 ΔN と屈折点通過後の単位時間(0.5分)内に発生したAEの個数としたものの両者の比 $\Delta N/N$ と定義する。これは測定装置や設置場所の差異によって測定結果に違いが生ずることを避けようとしたものである。荷重制御方式の実験結果と整理したものが図-4である。この図には六甲山系マサ土について実施した実験結果も併記してあるが、試料の種類に関係なくAE増加率と破壊時間は両対数紙上で直線関係にあることがわかる。この両者の関係式を式(1)と次のようになる。

$$\log_{10} t_f = -0.88 \log_{10} R + 2.30 \quad (1)$$

ここに、 t_f : 破壊時間(分)、R: AE増加率(%)である。図-5はヒズミ制御方式の実験結果を示したものである。この場合のNと ΔN は図中の説明に示したものと用いた。図より明らかに、ヒズミ制御方式で得られるAE増加率と破壊時間との間にも両対数紙上で直線関係にあることがわかる。これを式(2)と表すと次のようになる。

$$\log_{10} t_f = -0.98 \log_{10} R + 2.36 \quad (2)$$

このことから荷重制御方式の場合と同様に、ヒズミ制御方式の場合でも、AE増加率は含水比や拘束圧などの実験条件に左右されずに破壊時間と一義的な関係にあることがわかる。また図-5には試料と標準砂にかえてした場合の実験結果もプロットしてある。この図から標準砂の場合でもAE増加率と破壊時間の関係は、ほぼ(2)式で表わされるのが認められる。また(1)式と(2)式はかなりよく一致しており、ヒズミ制御と荷重制御の両方式においてAE増加率と破壊時間の関係は類似しているといえる。そこで(1)(2)式を平均化すると次のようになる。

$$\log_{10} t_f = -0.95 \log_{10} R + 2.35 \quad (3)$$

以上のことからAE増加率と破壊時間の関係は、ヒズミ制御、荷重制御の相違、測定装置・設置場所および試料の相違に関係なく(3)式で表わすことができる。

4. まとめ

AEの発生状況は荷重制御、ヒズミ制御方式で異なるが、屈折点が応力-ヒズミ曲線上で占める割合はほぼ等しい。またAE増加率と破壊時間の間には、荷重制御、ヒズミ制御方式の相違、測定装置・設置場所および試料の相違に関係なく(3)式が成立する。このことは、AEの測定が土の変形や破壊特性の研究とともに、斜面崩壊の予知などにも応用できる可能性を示しているものと思われる。

参考文献 1) 谷本野田: AE測定における質土の動的特性について, 第31回土木学会年次学術講演会講演報告集Ⅲ, pp 28-29, 1976.

2) Tanimoto & Nada: A Study of AE from Sandy Soils, 9th, ICSHFE, Vol 1, pp 315-318, 1977.

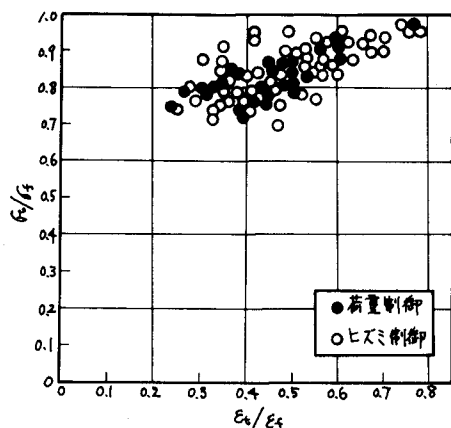


図-3 R/R_0 , $\Delta N/\Delta t$ の関係

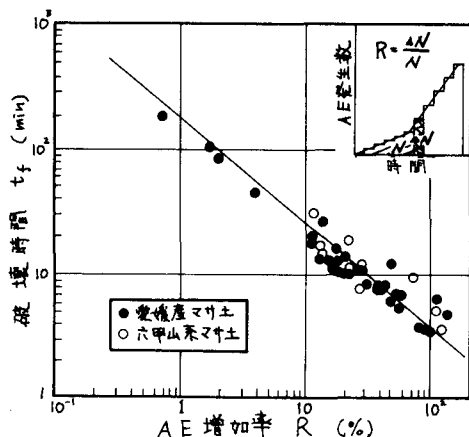


図-4 R と t_f の関係 (荷重制御)

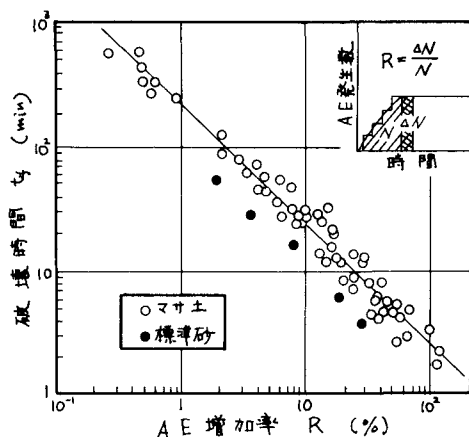


図-5 R と t_f の関係 (ヒズミ制御)