

80 AEによる斜面崩壊発生時間予測手法に関する検討

—ウェーブガイド方式のAEセンサーを使用して行った崩壊実験について—

建設省土木研究所 ○海老原和重

笹原 克夫

門間 敬一

1. はじめに

現在の斜面崩壊発生時間予測手法は伸縮計やGPSなどで土塊の動きを観測しそのデータを解析してするものであるが、精度があまり良くない。そこでより精度の高い斜面崩壊発生予測システムを開発すべく、AEによる斜面崩壊発生時間予測手法を検討した。今回取り上げたAE (Acoustic Emission) とは固体材料に力あるいは変形が与えられると、その外力による仕事はひずみエネルギーとして材料内部に蓄積され、限界まで蓄えられると波動となってエネルギーは開放される。この波動を弾性体の表面で検出したものがAEであり、一種の弾性波＝音波と考えることができる。すなわちAEとは固体材料内部の微少な破壊あるいは同様なエネルギー開放過程によって発生する弾性波動現象である¹⁾。

AE波の検出方式には直接波検出方式と二次発生AE波検出方式(ウェーブガイド方式)の2種類があり、今回はウェーブガイド方式のAEセンサーを使用して行った崩壊実験について報告する。

2. 崩壊実験

2. 1. AE計測装置

ウェーブガイド方式のAEセンサーの構造は図-1に示すとおりである。土と共に変形しAEを発生する中詰材と、AE伝播媒体である金属製の伝達芯、そして両端にAEセンサーという構成である。中詰材の材質については何種類かの比較検討の結果、スチールウールを中詰材とした。

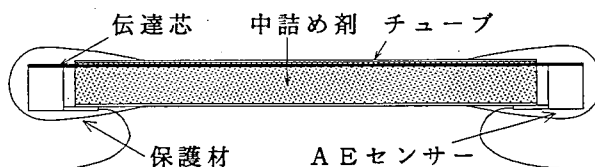


図-1 ウェーブガイドの構造図

2. 2. 実験装置及び実験条件

崩壊実験は当研究所所有の斜面崩壊実験装置を使用して実験を行った。実験装置は長さ300cm×幅150cm×高さ70cmの崩壊箱と降雨装置からなる。崩壊箱は0～45°の範囲で可変可能であり、降雨装置は0～120mm/hの降雨を降らせることができるものである。以下に実験条件を述べる。

① 模型斜面の土質特性

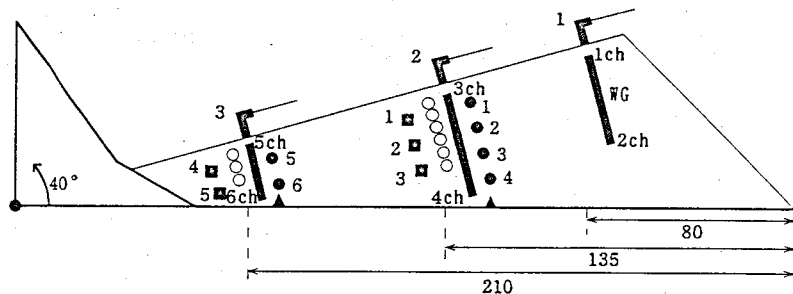
表-1に示す物性をもつ砂質土を使用した。

② 模型斜面の作成方法

層厚10cm毎に試料土を敷き均し突き固めを行った。また模型斜面作成途中で試料のサンプリングを行い、単位体積重量を計測し、均一な斜面であることを確認した。その結果、平均単位体積重量が1.393(gf/cm³)、平均含水比が6.2%であった。

③斜面形状と計測器配置

図-2に示す斜面形状及び計測器の配置で実験を行った。実験は崩壊箱を 40° 傾け、地表面傾斜 $\theta = 55^\circ$ で行った。



④降雨強度

実験開始から120分までは降雨量10mm/h、その後は30mm/hとした。

3. 実験結果

斜面上端から距離135cmの位置での地表変位量、地中傾斜計による地中せん断ひずみとA E累積発生数との関係を図-3に示す。今回の実験では実験開始直後より地表変位が発生している。そして地表変位は時間の経過と共に大きくなるが変位増分も時間と共に大きくなり、加速

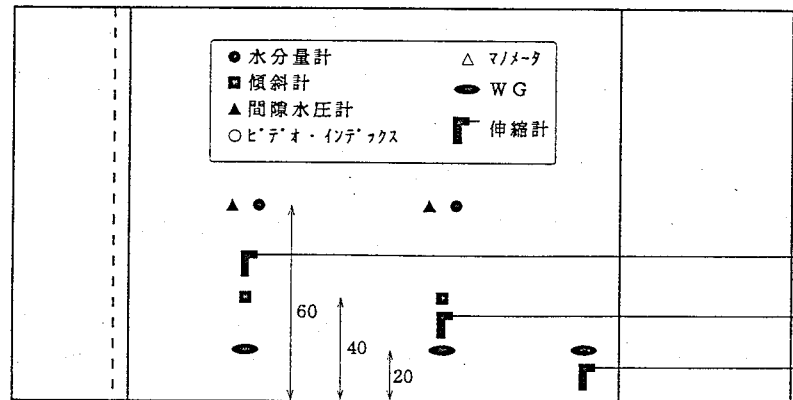


図-2 模型斜面の形状と計測器の配置

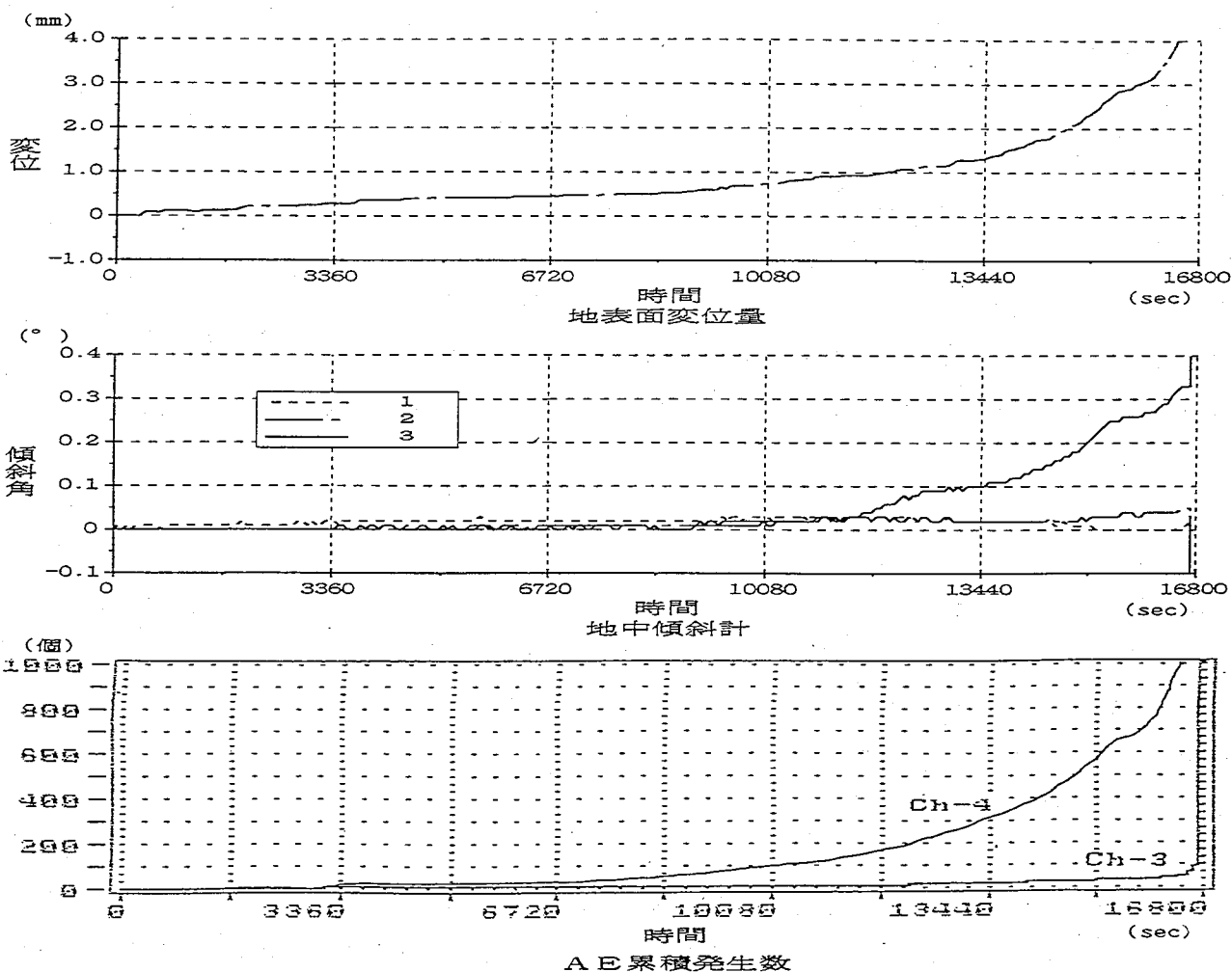


図-3 上端より135cmの位置での地表面変位量、地中傾斜計とA E累積発生数

クリープ的な変位を示す。同様に A E 累積発生数も時間の経過と共に加速的に多くなる。地中傾斜計による地中せん断ひずみは一番深い位置のものが A E 発生数が急増する頃から大きくなっているが、他の 2 つは非常に小さな値を示している。

4. 考察

4. 1. パラメータの選択について

以上の結果から、土のせん断に関するパラメータと A E に関するパラメータを比較し、良い相関関係を示すものを抽出することが A E を用いた崩壊発生予測のための第一歩である。従来も一軸、三軸圧縮試験²⁾や模型斜面の実験³⁾において同様な検討が行われてきた。そして変位量と単位時間当たりの A E 発生数や A E エネルギー、A E モーメント等にある程度の相関があることが示された⁴⁾。しかしながら両者の相関関係は必ずしも

良いとはいえないのが現状である。この原因として A E パラメータとしては様々なものが考えられているが、せん断に関するパラメータについては変位量やひずみだけを考えていると思われる。ここでは、せん断ひずみ速度（単位時間当たりのせん断ひずみ増分）をせん断に関するパラメータと考え、それと単位時間当たりの A E 発生数（以降 A E event rate と呼ぶ）や、A E エネルギーとの関係について検討した。なお A E エネルギーについて図-4 に示す。

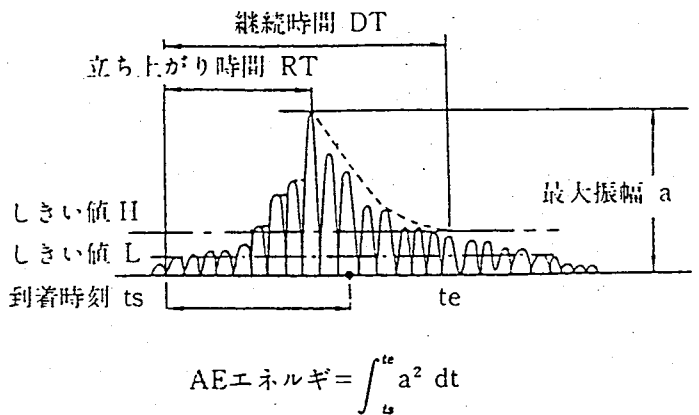


図-4 A E エネルギー

4. 2. 解析結果

斜面上端から距離 135 cm の位置のせん断ひずみ速度と A E センサー ch. 4 の A E event rate の経時変化を図-5 に示す。これを見るとせん断ひずみ速度が大きくなるに従って、A E event rate も大きくなることがわかる。またせん断ひずみ速度の急増する以前に、A E event rate は急増している。また図-5 をもとに作成したせん断ひずみ速度と単位時間当たりの A E event rate との

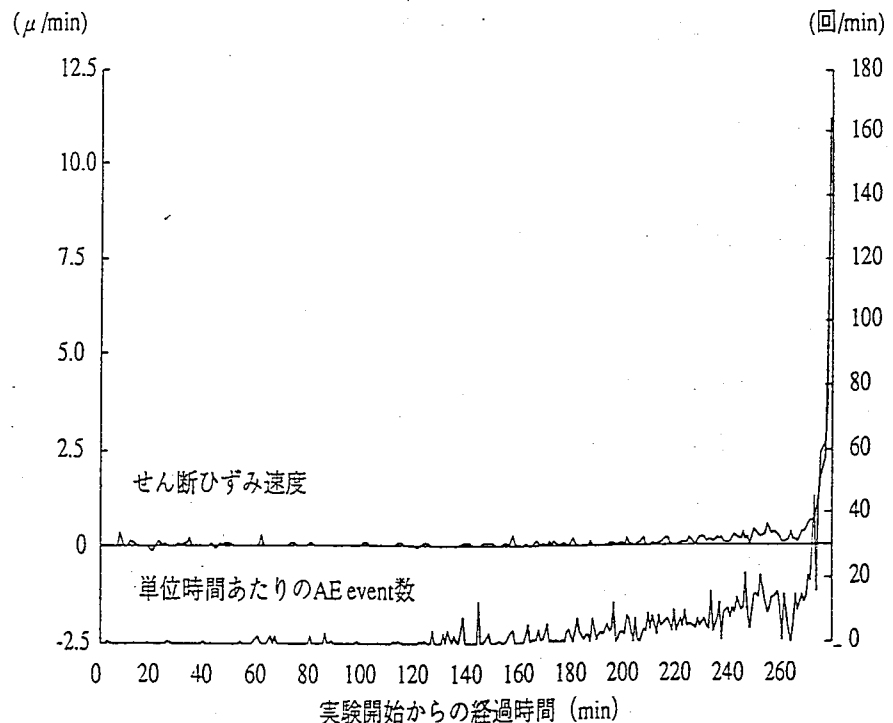


図-5 せん断ひずみ速度と単位時間当たりの A E event rate の経時変化

関係を図-6に、せん断ひずみ速度とA E エネルギーとの関係を図-7に示す。これらを見ると両者には線形とみなしうる高い相関関係が見られることがわかる。この関係からせん断ひずみ速度より崩壊発生時間予測を行う齊藤式等のA E event rateへの適用が可能であることが示唆される。

5. 結論

実験結果よりせん断ひずみ速度とA E event rateとの間に線形関係が認められた。しかしながら今回はせん断応力・変位等の測定精度が良いとは言えず、上記の相関関係にもややばらつきが認められる。今後は三軸圧縮試験や中空ねじりせん断試験等で応力・ひずみが均一かつ高精度に測定できる条件のもとで上記の関係を確認する必要がある。

<参考文献>

- 1)大津政康：アコースティック・エミッションの特性と理論，森北出版（株）
- 2)例えば田中泰雄・谷本喜一・籠谷直也：砂質土の変形特性とA E 特性の関係について，土木学会第40回年次学術講演会，pp. 451～452，1985
- 3)例えば秩父顕美・菊池正・岸下崇裕：A E 波形特性を用いた地盤の破壊予知法，第5回地下と土木のA E 国内コンファレンス論文集（日本非破壊検査協会），pp. 48～55，1993
- 4)岸下崇裕・菊池正・秩父顕美：斜面模型崩壊時のA E による一次元位置評定，pp1891～1892，1990

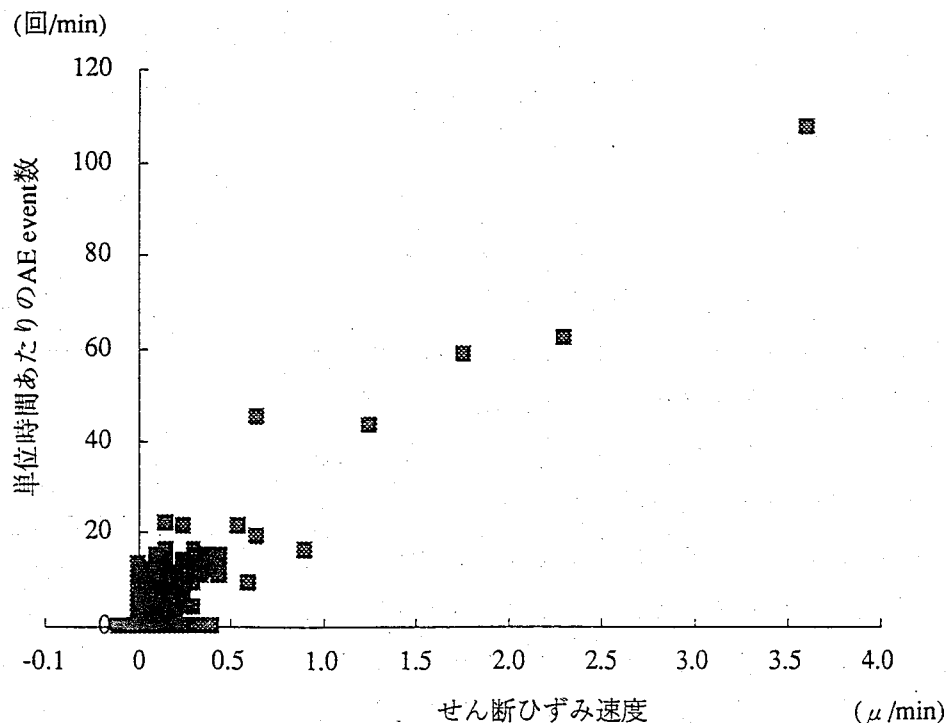


図-6 せん断ひずみ速度と単位時間当たりのA E event rate との関係

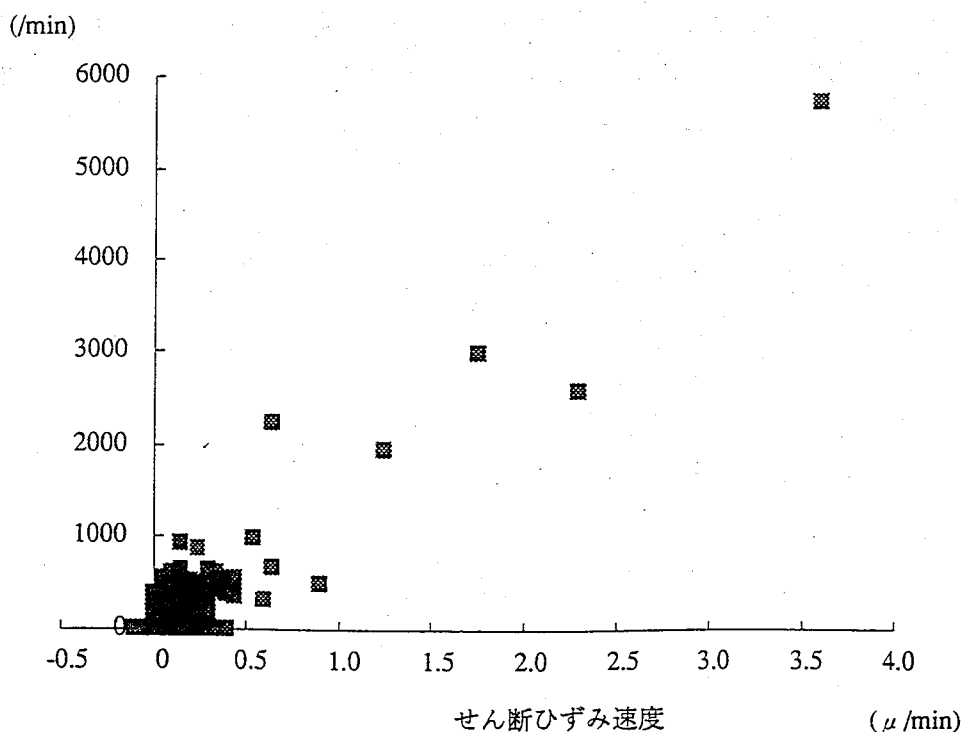


図-7 せん断ひずみ速度と単位時間当たりのA E エネルギーとの関係