

I-197 地震防災におけるA Eの適用に関する一考察

フジタ工業㈱技術研究所 正員○中村正博 正員 城 和裕 正員 岸下崇裕

1. はじめに

筆者らは、土構造物の崩壊予知におけるA E（アコースティック・エミッション）の適用に関する研究について、基礎試験をはじめ室内模型実験、現場計測をこれまでに実施してきた^{1)~3)}。A Eは固体材料に外力が加えられた時に発生する弾性エネルギーの一部が、内部で生じている塑性的な現象に対応して音(AE)のエネルギーに変換され、音響パルス信号となって固体中に伝播してゆく現象のことである。このようなA Eの特性は材料の強度特性などによって異なるが、通常A Eエネルギーが単独で放出されることはなく、必ずなんらかの塑性的な現象を伴っている。したがって、発生するA Eを検出し、その特性を調べることによって、材料の内部で生じている塑性的な現象を推定することができる。本報告では、地震防災の観点から、これまでの研究で得られたA E計測データを眺め、A Eの地震防災への適用について考察する。

2. 斜面の崩壊予知のための模型実験結果¹⁾

1.5 × 1.5 × 5.5 mの土槽に、山砂を用いて模型斜面を作製し、地表面変位、地中変位、傾斜角、A Eの4項目を計測した。A Eはφ = 9 mmの丸棒の先端に加速度センサーを取り付け、リングダウン法(70dB、閾値0.5 V)で計測した。図-1に、ひずみ制御の実験結果を示す。地表面変位と傾斜角は、載荷直後から載荷板の沈下に対してほぼ一定の割合で増加し、破壊点まで増加率の急激な変化は見られない。地中変位計は、45mm程度沈下した付近から反応しはじめ、その後一定の割合で増加している。一方、A E計数率は載荷直後から発生し、沈下量90mm付近においてピークを示した後減少しはじめ、破壊点付近で再び急激に増加している。A Eは斜面内部において、すべり面を形成するための微視的な変位や粒子の移動などによって最も活発に発生するものと考えられる。

山砂にセメントを10%添加した模型斜面における応力制御の実験結果を、図-2に示す。地表面変位と地中変位は、22ステップ付近まではほとんど変化せず、これ以後非常に小さい量の変形が破壊点付近まで発生し、破壊点において急激に増加する。傾斜計はすべり面よりも下部に設置したためか、ほとんど変化を示さなかった。このような傾向は、セメント添加により斜面材料の剛性が高まり、斜面の破壊が突発的な現象に変化したためと推察される。突発的に発生する斜面の崩壊を地表面変位などの変位量で予測する場合、破壊直前の微小な変化を厳密に計測する必要があるが、実際の斜面では小さい値を正確に測定することは困難な場合が多い。一方、A E計数率の変化に着目すれば、7ステップ付近で一度ピークを示し、その後一旦減少するが21ステップ付近から再び増加しはじめ、破壊点において急激に増加している。

3. 崩壊地山での計測結果²⁾

切土表面付近で崩壊を生じた地山における地中変位とA E計数率の経日変化の結果を、図-3に示す。計測を開始した初期の段階で、地中変位に約2mmの変位が見られた。この時は、2日間だけ多数のA Eが発生した。しかし、変位量が小さくしかも短期間のうちに収束したために、この変位が地山のすべりを捉えた有意な値か否かを判断することはできなかった。A Eが発生しなくなってから約40日経過した1月11日頃から再びA Eが発生しはじめ、カウント数にばらつきはあるものの長期間にわ

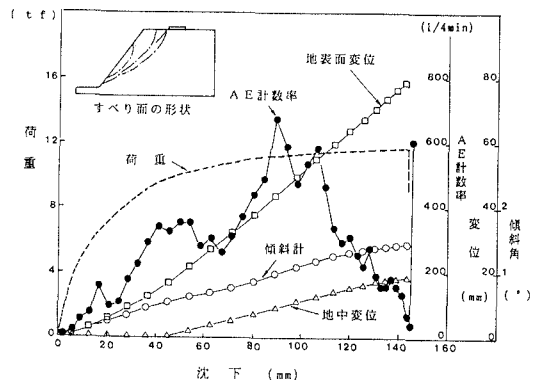


図-1 山砂の模型斜面におけるひずみ制御実験

たって連続して観測された。しかし、この間も地中変位の値はほとんど変化せず、変位計測の結果からは地山の崩壊の兆候を示すような変化のあることを感知できなかった。これは、地山の内部において非常に微小な変形や亀裂が活発に発生し、これに伴ってA Eが発生しているためであると推察される。A Eが発生しはじめてから1ヶ月以上経過した頃からA Eは収束する傾向を示したので、3月1日から傾斜計の観測構内のGL-20 mの位置（地下水はGL-18 m）にセンサーを挿入して計測した。その結果、ウェーブガイドで計測していた時よりもかなり数多くのカウント数が数日間連続して観測された。その後A Eは再び収束しはじめるが、約10日間経過してから今度は地中変位が急激に増加し、GL-14.5 mの位置では20mm以上の変形が生じて傾斜計の挿入が不可能となった。この時点になって初めて変位計測からも地山の崩壊を検知することができたが、A E計測では2ヶ月以上も前から地中内において微小な変形が繰り返し発生していることを検知したことは興味深い。

4. 砂の透水試験結果³⁾

透水試験では、直径21cm、高さ40cmの飽和状態にある供試体に対して、一定に保った空気圧により供試体底面から透水させた。豊浦標準砂の密詰めにおける流速ごとの経過時間とA E計数総数の関係を、図-4に示す。図のほぼ平行な6本の線は、流速の経過時間における変化を示している。また、この6種類の流速ごとのA E発生数の累積、すなわちA E計数総数を経過時間に対して図中に示している。A Eの発生は、流速 $v=0.13$ 、 0.22 、 0.29 cm/secではほとんど見られず、 $v=0.36$ 、 0.45 、 0.55 cm/secと流速が大きくなるにしたがい多くなっている。

5. まとめ

これまでに計測してきたA E波形のフーリエ・スペクトルによれば、その周波数は1 kHz 以上の場合が多く、地震時の地盤や土構造物をはじめ土木構造物自体の揺れの振動数とは大きく異なる周波数帯域である。したがって、地盤の液状化や構造物の地震時の破壊予知にもA Eの適用の可能性が考えられる。

〔参考文献〕(1) 秩父、城、中村、鎌田：AEによる斜面の崩壊予知のための基礎実験、第23回土質工学研究発表会、1988. 6。(2) 秩父、城、中村、後藤：斜面崩壊時に発生するAE特性について、土木工学におけるAE研究発表会、1988.10。(3) 城、秩父、中村、鎌田：透水における砂のAE 特性について、第22回土質工学研究発表会、1987.6。

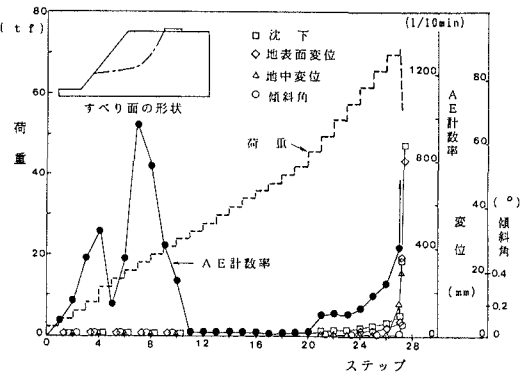


図-2 セメント添加の模型斜面における応力制御実験

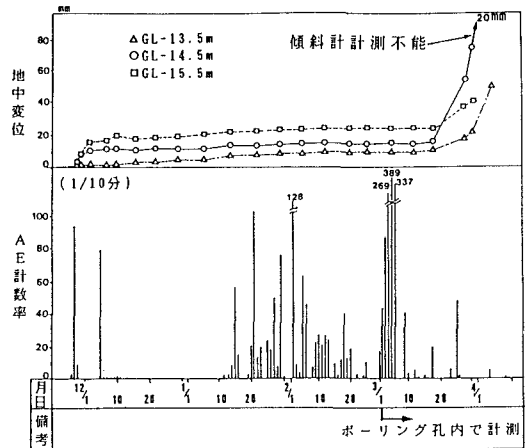


図-3 崩壊地山における地中変位とA E計数率

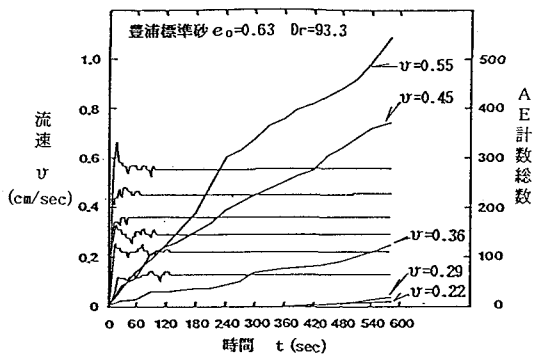


図-4 砂の透水試験における流速とA E計数総数