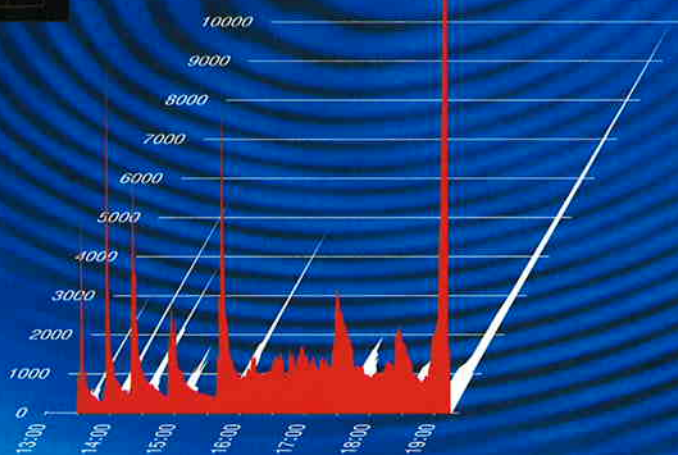
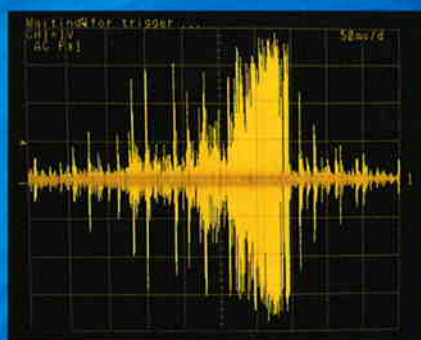


がけ崩れ災害から身を守る

AEによる 斜面動態計測システム



建設省 土木研究所
砂防部 急傾斜地崩壊研究室

開発の経緯

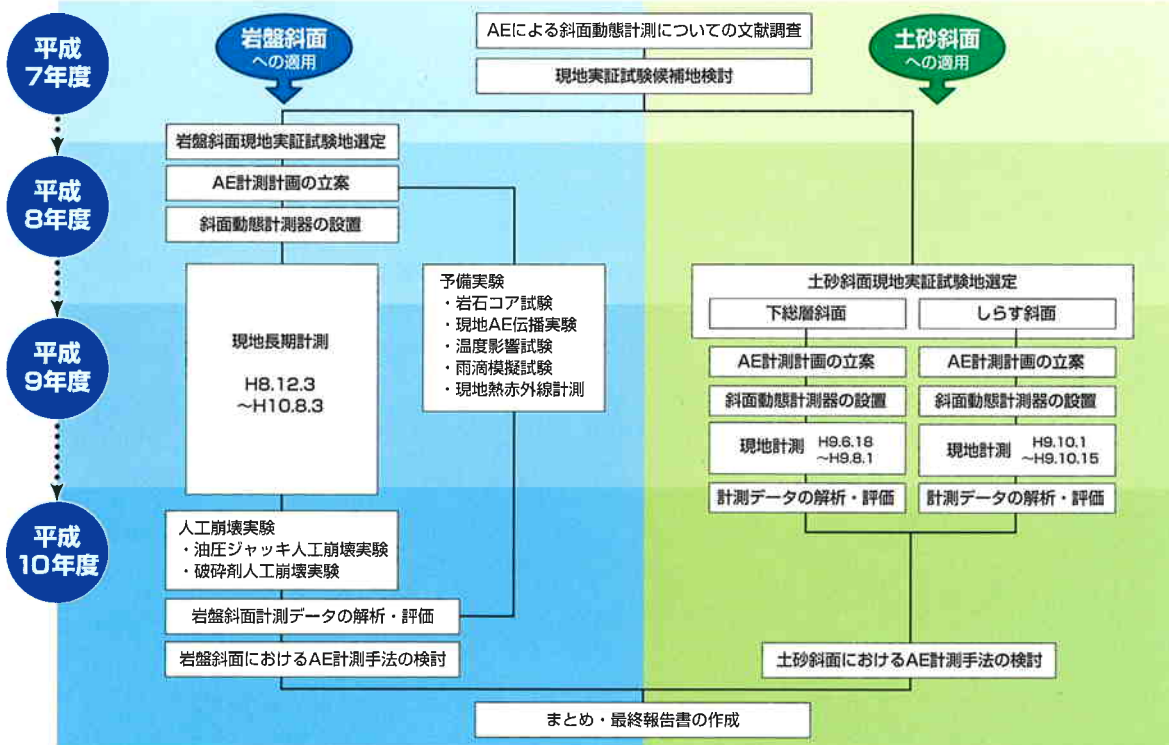
日本の国土は平坦地が少なく、急な斜面の直下や直上部にも多くの人家や道路があります。このため、かけ崩れなどによる被害が毎年あとを絶ちません。そこで、伸縮計やGPSなど既存の計測技術に加え、より精度の高い斜面動態計測システムの開発が求められていました。

建設省土木研究所砂防部急傾斜地崩壊研究室では、AE技術を斜面分野に適用すべく、平成7年度から平成10年度までの4ヶ年にわたり、共同研究「AEによる斜面動態計測システムに関する研究」を実施して参りました。本パンフレットは、上記共同研究の成果である共同研究報告書の内容を一部抜粋して紹介しています。



多発する斜面災害

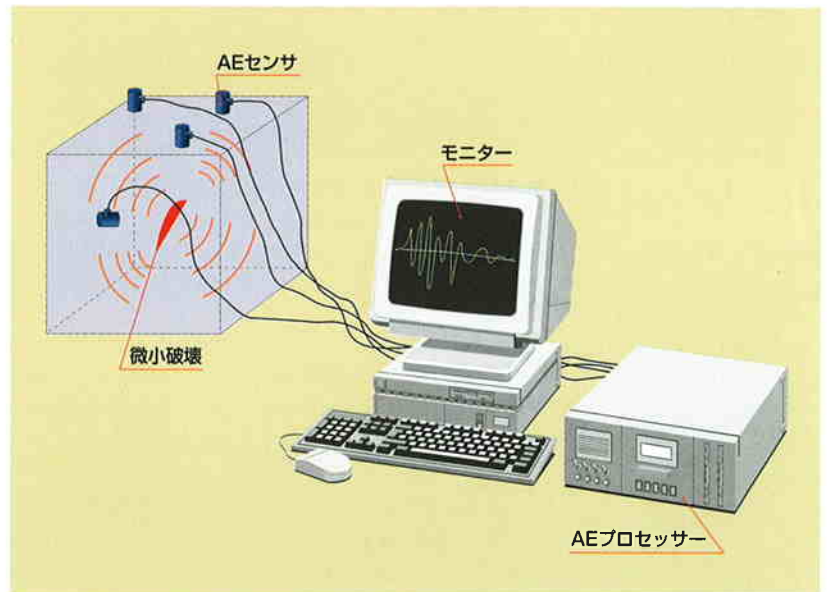
研究のフローチャート



AE

(アコースティック・エミッション)とは

固体材料にひずみが限界まで蓄えられると塑性変形が生じ、その一部が弾性波動 (Acoustic Emission) となって放出されます。すなわち、AEとは「固体材料内部の微小な破壊あるいは同様のエネルギー開放過程によって発生する弾性波動現象」として定義されます。ガラスのコップに圧力を加えるとガラスにひびが入り、やがて壊れます。その際の音と同じと考えることができます。

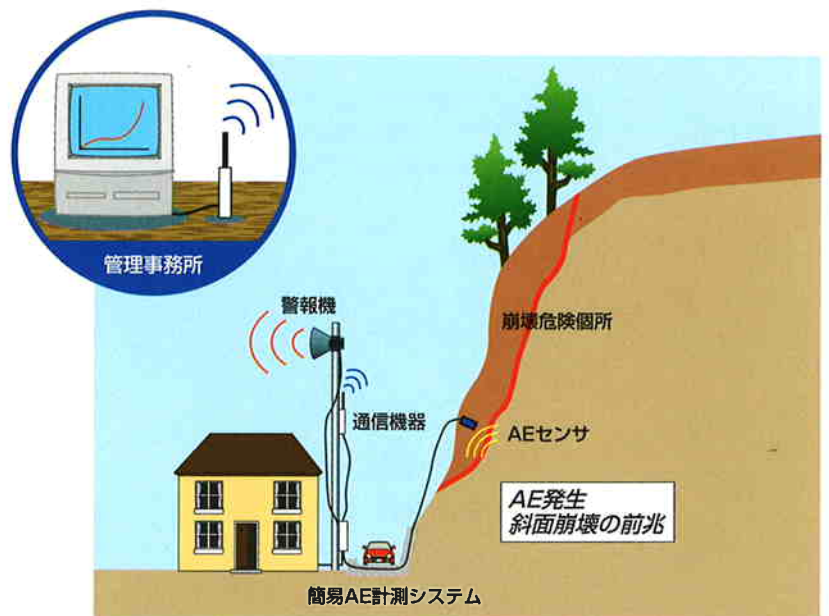


AE計測の概念図

AEによる斜面動態計測とは

AEによる斜面動態計測では、AEセンサを地盤内に設置することにより、地表面に崩壊現象が現れる前の、地中における破壊の前兆 (AEの発生) をとらえることができます。

よって、既往の計測システムに比べ、早い段階から崩壊の発生を予測することが可能であると考えています。



AEによる斜面動態計測の概念図

斜面動態計測のためのAEセンサおよびAE計測装置



開発した斜面動態計測用AEセンサ



簡易AEシステムの例



AE計測システムの例①



AE計測システムの例②

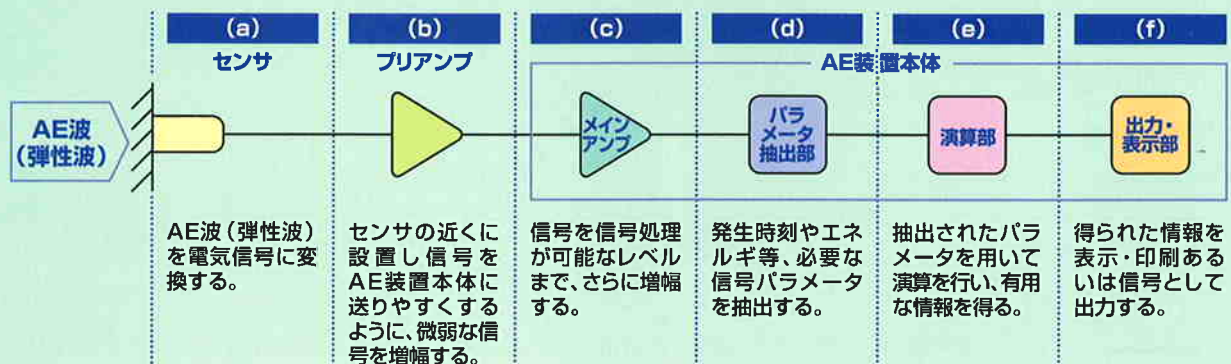
AEによる斜面動態計測システムで用いる計測装置は、AE計測装置、AEセンサ、ウェーブガイド（導波棒）で構成されています。

AE計測装置には、AEの発生頻度と振幅分布などの累積結果を記録する簡易なものと発生頻度に加え個々のAEの波形特性を記録するものがあり、計測対象や目的、使用期間に応じて使い分けます。

斜面動態計測で用いるAEセンサは斜面に設置（埋設）するため、十分な耐久性が必要とされます。共同研究では、左の写真に示す斜面動態計測用のAEセンサを開発しました。

斜面動態計測では、センサの監視領域を拡大することのできるウェーブガイドを用いる方法が一般的です。ウェーブガイドは、計測を実施する斜面の地質特性、規模、形状などに応じて、長さや材質を選定します。

システム構成図



現場におけるAEセンサの設置と計測事例

土砂斜面への適用

がけ崩れ災害の70%以上は土砂斜面の崩壊であり、これら土砂斜面のモニタリング技術の確立は、斜面災害の軽減にとって重要です。AE法は、土砂斜面のモニタリング技術の一つとして注目されています。



AEセンサ設置状況



計測対象土砂斜面

土砂斜面における本システムの適用性を検討するため、平成9年6月～8月に土砂斜面(木更津市)で、平成9年10月にはしらす斜面(鹿児島県)で実験計測を行いました。このうち、しらす斜面(鹿児島県)で行われた計測では、斜面の崩壊予測に関する貴重なデータを得ることができました。

岩盤斜面への適用

岩盤崩壊は、前兆から崩壊発生までの変位が小さく、時間も短いことから、精度の高いモニタリング方法が求められています。AE法は、岩盤内部の微小な変状の検出に有効です。

岩盤斜面における本システムの適用性を検討するため、平成8年12月～平成10年8月に岩盤斜面(日光市)で実験計測を行いました。その結果、長期間のAEによる斜面動態計測を行う際の諸問題が明らかとなり、これらを解決するための様々なデータを得ることができました。



計測対象岩盤斜面



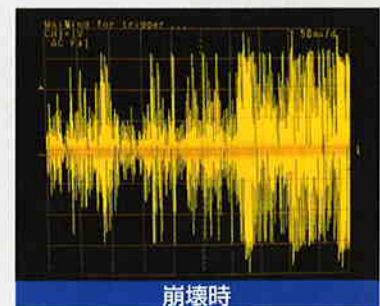
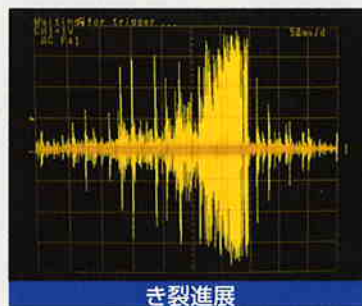
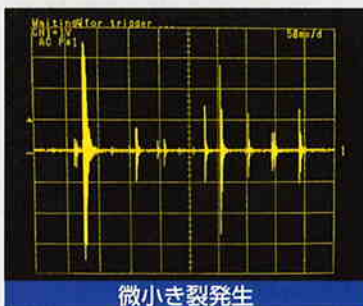
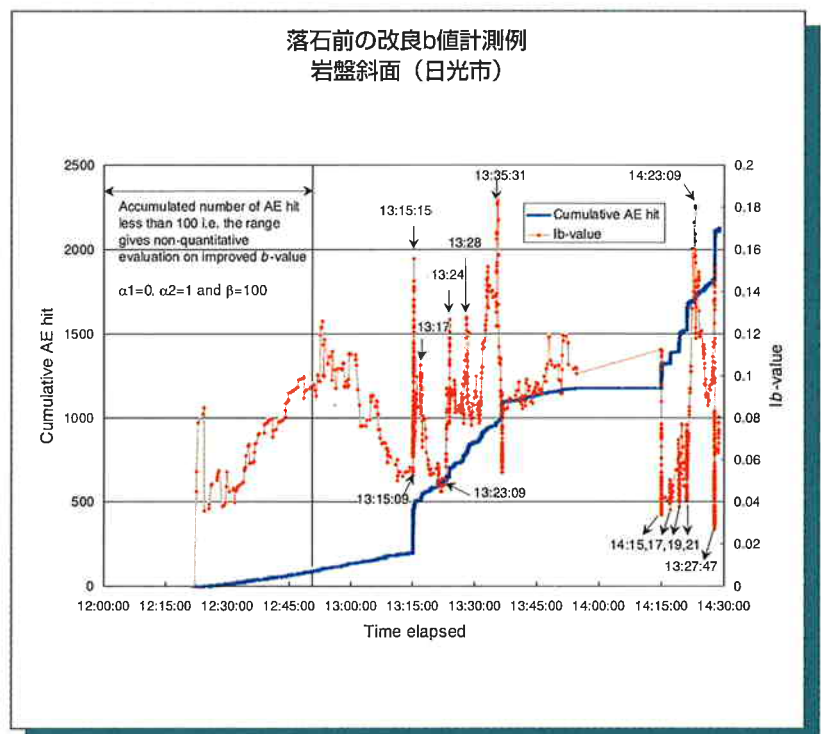
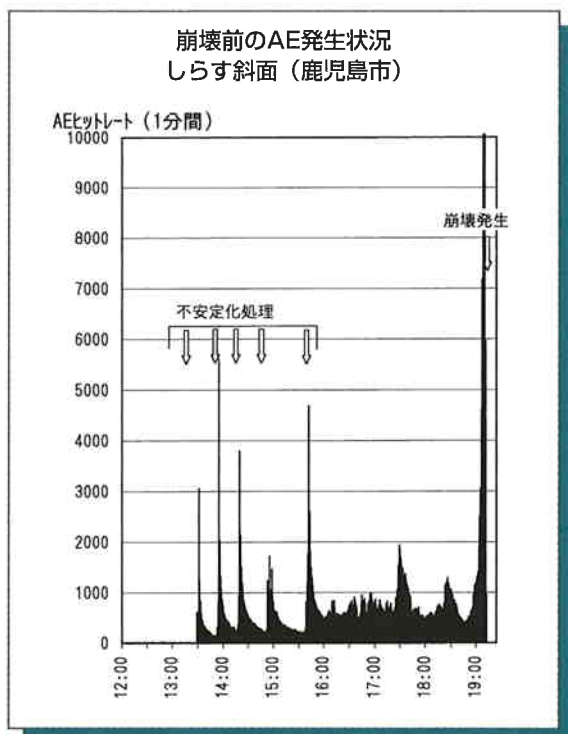
AEセンサ設置状況

AE計測とデータの評価

AEは物体内のひずみの解放により放出される弾性波動であり、斜面のモニタリングに用いるためにはAE信号をなんらかのパラメータに置き換える必要があります。一般的なパラメータとしては、単位時間あたりのAE発生数などがありますが、より精度の高いモニタリングを行うために、改良b値などの2次パラメータを用いることもあります。さらに、岩盤内部で発生する可聴音レベルの弾

性波をセンサで検知し、スピーカーで再生する方法も利用されています。

また、複数のAEセンサを用いて斜面崩壊の発生位置や規模を推定する方法が提案されているほか、各種解析・評価技術を用いた斜面崩壊の発生時刻の予測方法も検討されています。



岩盤崩壊時のAE波形

AEによる斜面動態計測システム

本共同研究では、岩盤斜面(日光市)、土砂斜面(木更津市)、しらす斜面(鹿児島県)の各斜面にAE計測システムを設置し、AE法による斜面動態観測の適用性を検

討しました。この結果、AEにより斜面の変状を詳細に捉えられる可能性があることが確認され、下表に示す「AEによる斜面動態計測方法」が明らかになりました。

項目		概要
AE計測システム		<p>AE計測装置は以下のように大別される。</p> <ul style="list-style-type: none"> ①単位時間あたりのAEの発生数だけ記録する装置 ②個別のAEについてAEパラメータを記録する装置 ③個別のAEについてAEパラメータだけでなく、波形データまで記録する装置 <p>これらのAE計測装置は、対象斜面の条件や危険度に応じて選定を行う。また、最近のAE計測装置には通信機能を備えたものもあり、山間地における監視などに特に有効である。</p> <p>なお、本共同研究においては、同一斜面を対象に約1年半を通じてAE計測装置が野外での長期の監視に耐えうることを確認した。</p>
AEセンサ		<p>AEセンサ周波数は監視範囲と設置条件により選定する。AEセンサはプリアンプ内蔵型・防水・絶縁仕様とする。</p> <p>一般に、比較的狭い範囲を感度よく計測するためには高周波センサ(約60kHz)を、ある程度広い範囲を監視するためには低周波センサ(約20kHz)を使用することが望ましい。</p>
設置方法	土砂斜面	<p>土砂斜面はAEの減衰の程度が大きいため、ウェーブガイドの使用が前提となる。ウェーブガイドは打ち込みあるいは埋設により設置する。感度の高い計測を行うためには、移動土塊と不動土塊の境界を横切るように設置する。</p>
	岩盤斜面	<p>岩盤へのAEセンサの設置方法としては以下のものがある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ①表面設置(変状箇所に設置可能、防護キャップが必要、ノイズの影響大) ②水平削孔・孔内設置(変状箇所に設置可能、掘削深度に限界がある) ③垂直削孔・孔内設置(ノイズの影響が少ない、岩盤表面から離れる)
ノイズ対策		<p>降雨などの気象条件に起因するノイズは、できる限り検出しない条件で設置する。このために、表面から少なくとも数10cm以上の深度で埋設することが必要である。また、センサは絶縁型のものを用いて、地電流などの影響を受けないようにする。</p>
評価方法		<p>(1) 斜面変状モニタリング 斜面変状モニタリングのための評価手段としては以下のものがある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ①改良b値による評価 ②正規偏差による評価 ③波形記録・判読による評価 <p>(2) 斜面の変状位置の推定 AEの特長の1つとして位置標定技術がある。これには、ウェーブガイドを用いた1次元的位置標定、複数のセンサを用いた2次元、3次元の位置標定などがある。</p> <p>(3) 崩壊時刻の予測 斜面崩壊時刻の予測技術については、以下のものが提案されている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ①レートプロセス解析 ②カウントレートの逆数による監視



共同研究参加機関

建設省 土木研究所 砂防部 急傾斜地崩壊研究室

(財)砂防・地すべり技術センター 砂防技術研究所

(株)エヌエフ回路設計ブロック エイシス事業部

川崎地質(株) 技術本部 技術管理部

(株)興和 調査部

佐藤工業(株) 中央技術研究所 土木研究部門

飛島建設(株) 技術研究所 地盤耐震研究室

西松建設(株) 技術研究所 技術部

日本工営(株) 中央研究所 開発研究部

日本フィジカルアコースティクス(株)

(株)間組 土木技術部 技術研究所

(株)フジタ 技術研究所

連絡先

建設省 土木研究所 砂防部 急傾斜地崩壊研究所

〒305-0804 茨城県つくば市大字旭一番地

TEL 0298-64-2211(代) FAX 0298-64-0903

本パンフレットは、土木研究所長の承諾を得て刊行したものです。