

III-A 212 斜面載荷実験での AE 波形の特徴と改良 b 値を利用した破壊予測の適用性

建設省四国地建	正会員	青木朋也
飛鳥建設技術研究所	正会員	塩谷智基
日本道路公団	正会員	姫野浩志
佐伯建設	正会員	古野武秀
徳島大学工学部	正会員	藤井清司

1. はじめに これまで、AE法を模型斜面崩壊実験に適用し、局所破壊の逐次進行をAE源の推移から、終局破壊をAE振幅分布より得られる改良b値および、AE経時曲線より予測できる可能性が確認できた¹⁾²⁾。一方、破壊の前兆として得られるAE波形と終局破壊段階で得られる波形には明確な違いがあり、波形形状などに注目することで、破壊が予測可能と報告されている³⁾。そこで、改良b値の急変を用い検出AEを分類し、波形形状などの違いから特徴的な事項が抽出可能か試みた。

2. 実験方法 実験は図-1に示す載荷実験装置を用い、模型斜面を豊浦標準砂（土粒子比重Gs=2.64,均等係数Uc=1.33,平均粒径D50=0.21mm,含水比w=1.40%,間隙比e=0.88）で作製し行う。実験は変位制御（0.01mm/sec）で、スクレ-ジャッキにより水平方向に強制変位を与える。また、載荷荷重はロードセルで計測し、斜面表面の鉛直変位を非接触変位計により測定する。また、模型斜面表面に2箇所、上載荷重(0.02kgf/cm²)を与え、破壊の進行をより明確化できるようにした。

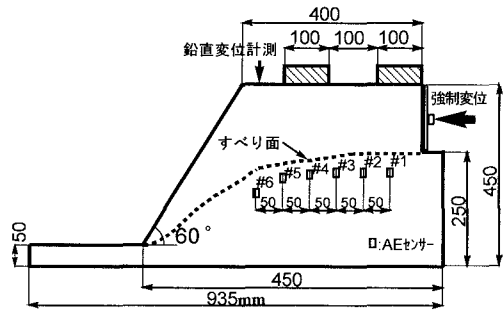


図-1 実験装置, AE センサ配置概要

AEは、静止土塊内部にAEセンサ（60kHz共振型）を50mmの間隔で6個埋設し、局所破壊の進行をAE源推移により確認するとともに、#1,#5のAE波形を記録する。AE信号はプリアンプにより40dB、メインアンプにより40dBの合計80dB増幅し、しきい値44dBで信号処理装置を介し、パラメータ記録（到達時間、最大振幅、立上がり時間、継続時間、エネルギーなど）し、AE波形をサンプリング2MHz、データ長2kwordsで取得した。

3. 波形分類方法 AE波形の分類は図-2に示すA～Eの5種類とした。

パターンAは鋭く立上がり、継続時間が長い波形であり、予備実験により得られた砂粒子同士の摩擦音の代表的な波形概形である。突発型AEとパターンAとが重なったパターンB、小振幅突発型AEをパターンC、継続時間が短く立上がりが鈍いパターンD、大振幅突発型のパターンEに分類した。以上のパターンにおけるA,Bは総じて大規模な連続的砂の破壊を、C,D,Eはミクロな破壊を意味するものと考えられる。

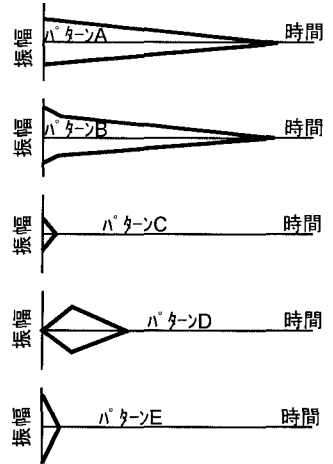


図-2 AE 波形の分類

4. 実験結果および考察 図-3は#1のセンサで得られた強制変位に対する改良b値と荷重および鉛直変位を示す。波形分類に用いる区間は改良b値が挙動を示すまでの区間1、最初の増加減少を示す区間2、2回目の増加を示すまでの区間3、再度増加減少を繰返し安定するまで（荷重ピークに対応）の区間4、荷重ピーク後大規模な増加減少を示す区間5の5つの区間とし、図-2に示すパターンに分類し検討する。図-3より、載荷荷重は強制変位を与えると急増し、強制変位8.2mmで荷重のピーク58kgfを迎え、その後緩やかに低下し一定値に収束する。改良b値は強制変位4mm前で急増し、4mmで最小となる。改良b値の増加は「ミクロ破壊がマクロ破壊に比して卓越するマイクロクラックの形成等に代表される現象」を示し、改良b値の低

下は「マイクロ破壊が卓越するすべりなどにもなる大規模な破壊」を示す。したがって、この区間2でAEセンサー設置近傍の地盤が局所的に破壊したものと推察できる。さらに、強制変位の増加とともに改良b値は増加・減少を繰り返す、载荷荷重の収束とともに一定値0.12となる。ここで、紙面の都合上割愛したが、2回目の改良b値の増加、減少区間4は、#2～#6のAEセンサーより得られた最初の改良b値の増加、減少を反映しており、局所破壊が#1～#6に向い進んだ段階と考えられる。鉛直変位より、荷重減少後に急減点があり、その後一定減少となる。つまり、区間5は順次局所的に形成された破壊面が連鎖し、運動土塊全体が動いているものと考えられる。図-4は#1のAE発生率を示しており、区間2,4で改良b値の増加、減少に対応したAE発生率の急増が認められ、土塊全体が動く区間5では沈静化している。以上よりAEアクティビティの増加から終局破壊の前兆はある程度判断できるが、全体的な運動を示す段階ではアクティビティが低下するので、改良b値の変化傾向を検討するのが望ましいといえる。

図-5は得られたAE波形351個を既述のパターンに分類し、区間毎に波形パターンの割合として表している。区間1では、突発型のパターンCが大きく、反対に継続型のA,Bの割合が小さい。最初に改良b値が増加減少する区間2では、継続型のパターンB、大振幅突発型のEの割合が増加し、小振幅突発型のパターンCが減少する。改良b値が安定挙動する区間3ではパターンAが増加しないものの、突発型と継続型が連続したパターンBが増加する。区間4では再度、微小破壊を示す小振幅突発型のパターンCが増加し、区間5ではパターンBの優位性が顕著となる。

5. まとめ AE波形を改良b値の急変箇所を利用し分類した。得られた結果は以下のとおり。

- 1) 破壊の前兆には継続時間の短い突発型のAEが検出される。
- 2) 改良b値の急増、急減する領域（区間2）は一つの破壊現象の始りと終りを意味するようであり、マイクロクラックの形成に代表される小振幅突発型AE（パターンC）を多く含む領域（区間1）に比べ、継続型（パターンA）、連続型AE（パターンB）の割合が多い。
- 3) 順次形成された破壊面が連鎖し、破壊が“連続的”に発生すると考えられる領域（区間3、区間5）では、文字通り連続型のAE（突発型と継続型が重なり合う波形；パターンB）が多く検出される。

【参考文献】

- 1) 塩谷智基, 青木朋也, 藤井清司: AE斜面崩壊予測手法における基礎的研究, 土木学会論文集 No.523/ III -32, pp.163-173, 1995.
- 2) 塩谷智基, 青木朋也: AE経時曲線を用いた斜面崩壊時間予測, 第10回AE総合コンファレンス論文集, 日本非破壊検査協会, pp.49-54, 1995.
- 3) 秩父顕美, 菊地正, 岸下崇裕: AE波形特性を用いた地盤の破壊予知方法, 第5回地下と土木のAE国内コンファレンス論文集, 資源・素材学会, pp.48-55, 1993.

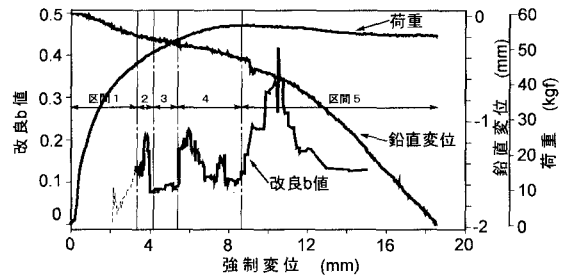


図-3 強制変位に対する荷重, 変位, 改良b値

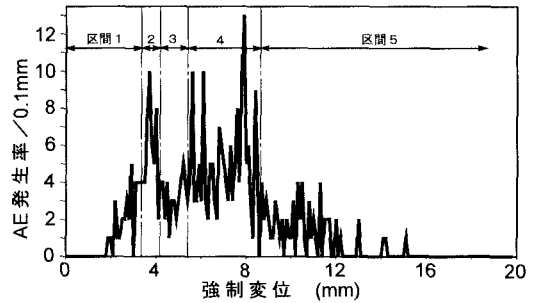


図-4 強制変位に対するAE発生率

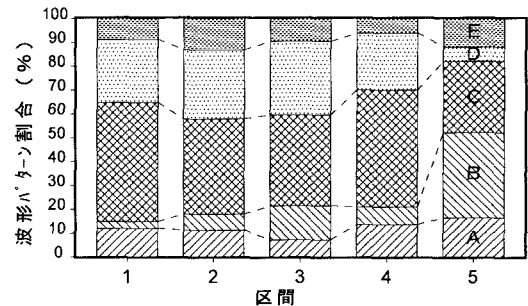


図-5 区間毎のAE波形パターン分類