

III-114

AE計測を用いた砂質地山トンネルの安定性評価

株式会社 フジタ 正 ○菊地 正 岸下 崇裕
同 上 正 秩父 顕美

1. はじめに

AE計測を実施工に適用するために、砂質盛土を用いたトンネル掘削実験を行ったが、まだ多くの課題があることがわかった¹⁾。その課題のうち、AEの発生要因を検知する方法について研究を行ってきた。AEの発生要因を知ることは、破壊進行に伴う土構造物などの変状を知る上で非常に有効であると考えている。AEの発生要因を検知するために、斜面模型崩壊実験によるAEパラメータを用いた主成分分析を行った²⁾。その結果を用いて、砂質盛土におけるプレイングトンネルおよび素掘トンネル掘削時の土被り部分の安定性について検討を行った。

2. 実験および計算方法

実験方法は文献1)と同様である。主成分分析による評価方法は、互いに相関のある多種類の特性をもつ情報を、互に無相関な少数個の総合特性値にするという方法である³⁾。主成分分析に特性値として用いたAEパラメータは、最大振幅値(PA)、立上り時間(RT)、持続時間(DT)、AEエネルギー(EN)およびエネルギーモメント(EM)の5つである。文献2)より、第1主成分は、AE波形の大きさを表わす因子であり、第2主成分は、AE波形の形状を表わす因子であることが確認されている。基準化(分散=1)された主成分得点を得るために元の変数に対する第1主成分および第2主成分の式を以下に示す。この2式の係数が斜面模型崩壊実験から得られた値である。

第1主成分の得点: $Y_1 = 0.074 \times PA + 0.00089 \times RT + 0.00067 \times DU + 0.00004 \times EN + 0.00129 \times EM \dots\dots\dots(1)$

第2主成分の得点: $Y_2 = -0.218 \times PA + 0.00291 \times RT + 0.00036 \times DU - 0.00011 \times EN + 0.00189 \times EM \dots\dots\dots(2)$

この2式から得られた第1主成分の得点と第2主成分の得点の関係から2種類のトンネルの安定性を評価する。

3. 結果および考察

図-1にプレイングトンネルおよび素掘トンネルにおける抗口側上段でのAE発生時の経時変化を示す。素掘トンネルは崩壊したが、プレイングトンネルは崩壊しなかった。しかし図-1に示すように、プレイングトンネル掘削時の方が素掘トンネル掘削時よりAEの発生が多い。この原因として、
①素掘トンネルの場合は、崩落が発生したため形成されたせん断面による摩擦がなくなるが、プレイングトンネルの場合では、改良部の作用により一度形成されたせん断面はなくなることがない。

②掘進に伴う土被り部分の自重の変化などによる固化体の変形や微小亀裂などに起因するAEの発生。

③プレイングトンネルの場合、頂部注入時での土被り部分からの薬液噴出による亀裂の摩擦を起因とする発生。などが考えられる。そこでAEの発生要因を検知するために、図-1の区間aおよびbに示す時間で発生したAEパラメータの値を(1)、(2)式に代入し、第1主成分、第2主成分をそれぞれ求めた。その関係を図-2、3に示す。ここで、aは掘進中、bは静止観測中である。図-2に示す素掘トンネルの場合、掘進長が150cmに達しても、第1象限にはほとんどAEの分布は見られず、第4象限のみの分布となっている。しかし、図-2のa2に示す最終崩壊時のAEの分布はa1、b1の分布とは異なり、第4象限だけ

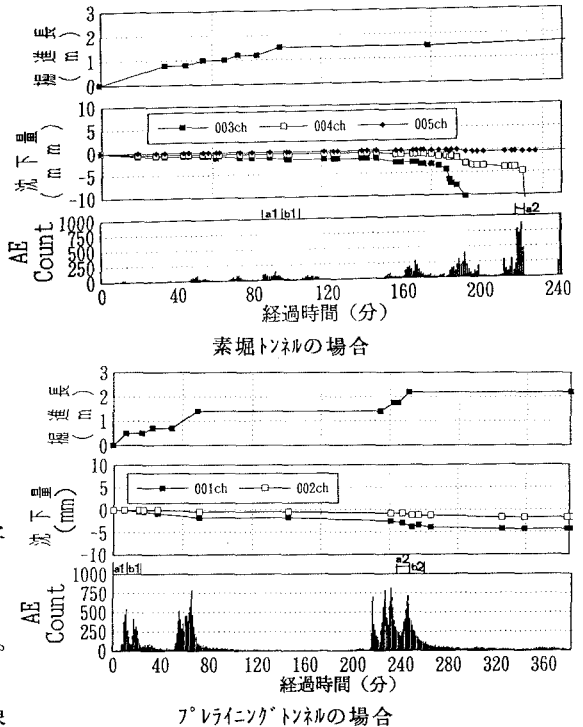


図-1 計測結果

でなく、第1象限に多くのAEが分布している。このことから、第1象限に分布したAEは、素掘トネルを崩壊に至らしめるせん断面の摩擦によるAEであると考えられ、第1象限にAEが分布し始めると、土被り部分は不安定状態から崩壊に至ると推測できる。また第4象限に分布しているAEは、素掘トネルを崩壊に至らしめるせん断面の摩擦によるAEではなく、砂の粒子の微小変動のみによって発生するAEであると考えられる。図-3に示すフレインツェンツェン掘削の場合、掘進開始直後から掘進中、静止観測中を問わず、第4象限だけでなく、第1象限にも分布が見られる。また、掘進長が2.2mとなった状態でも第1象限での分布が認められ、その比率は掘削開始直後とほとんど変化はない。以上のことからフレインツェンツェン掘削の場合、素掘トネルの場合よりAEの発生が多かった理由として、せん断面の摩擦に起因するAEの発生が多かったということになり、上述の①および③の影響が強いと考えられる。しかし、崩落に導く土被りの不安定挙動以上にフレインツェンツェンの効果が大きく、そのため土被り部分は崩壊しなかったと推測される。

4. まとめ

今回、これまで各々扱ってきたAEパターンの分布を主成分分析により総合的に評価することを試みた。その結果、以下に示すことがわかった。

(1)主成分分析によって、AEの発生要因を的確に捉えることにより、そのAEが崩壊を導くものか否かの判定が可能となった。

(2)(1)に伴い、フレインツェンツェンの有効性が明らかとなった。

また実施工に適用するためには、あらかじめ目的の材料と同一の材料について、AE計測および主成分分析を行い、上述の(1)、(2)式を立てておけば、より明確にAEの発生要因が検知できると考える。

参考文献

- 1)菊地正、田口善文、秩父顕美:砂質地山トネル掘進時のAE計測について、第28回土質工学研究発表会、1993
- 2)岸下崇裕、菊地正、秩父顕美:斜面模型崩壊時のAE特性について(その2)、第28回土質工学研究発表会、1993
- 3)奥野忠一、久米均、芳賀敏郎、吉澤正:多変量解析法、日科技連、1976、pp. 159~257

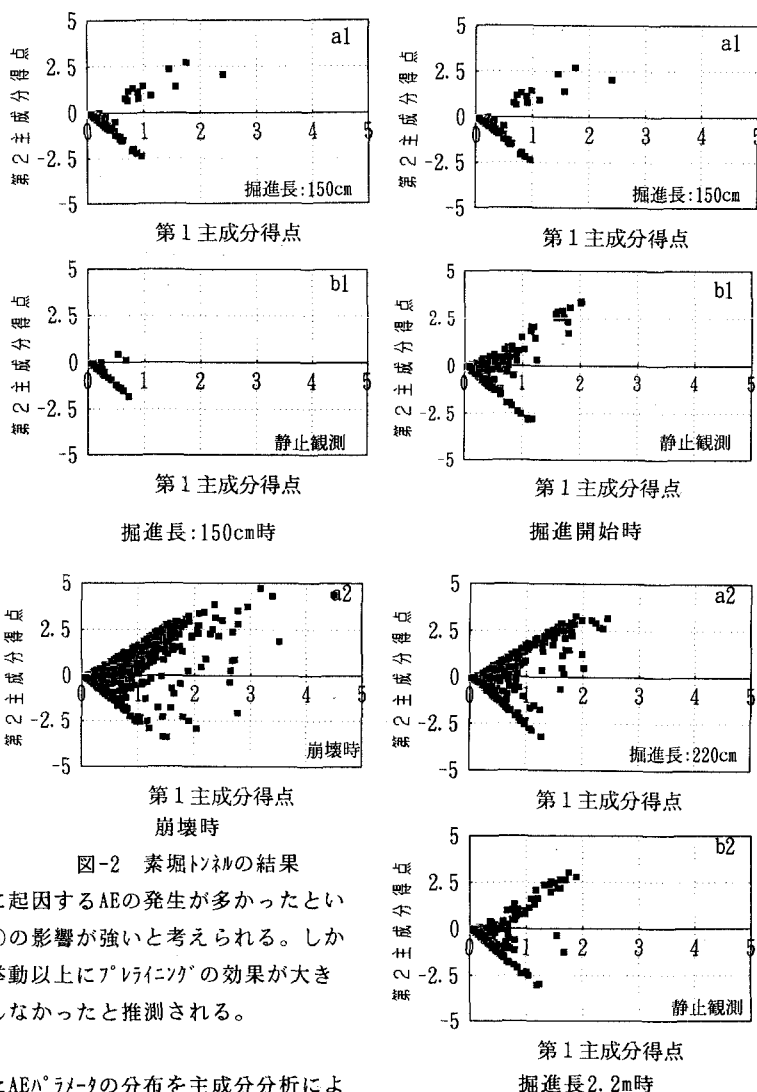


図-2 素掘トネルの結果

図-3 フレインツェンツェン掘削の結果