

AE 波形の周波数変化に着目した AE 地圧測定法

(株)日本パブリック 東北支社 正会員 本間 誠
(株)日本パブリック 技術開発部 正会員 田仲 正弘
(株)日本パブリック 地盤研究室 正会員 金川 忠
(株)日本パブリック 技術開発部 正会員 中山 芳樹

1. はじめに

大規模な地下空洞の掘削や重要構造物の背後斜面の掘削等に関しては、合理的で安全な設計・施工を行うために、岩盤内部に作用する応力（初期地圧・地山応力）を事前に測定し把握する事が重要である。地圧の測定法としては、オーバーコアリング法や水圧破碎法などの原位置測定法と、AE 法や DR 法（変形率変化法）などの室内試験法がある。室内試験法は原位置測定法に比べ簡単に安価に測定できることに大きな特徴を有している。

筆者らは AE 法¹⁾による地圧測定を実施してきた。AE 法とは、一度応力履歴を受けた材料は再度载荷してもその応力に達するまでほとんど AE（Acoustic Emission の略）を発生しないという現象（カイザー効果）を岩石に適用した方法である。具体的には、採取した岩石試料を整形し、一軸圧縮試験を行って AE の発生数を計測し、AE が急増する応力をもって先行応力（地圧）とする。この方法によって室内で安価に地圧測定を行ってきた。しかし、供試体によっては载荷当初から AE が多く発生して AE の急増点が不明瞭となり、先行応力を特定できない場合もあった。そこで、载荷当初の AE 波形について周波数の変化を検討した。

2. 測定方法の概要

定システムは AE センサー、AE 信号増幅部、AE 信号処理装置、AE 波形処理装置、解析装置から構成される。AE センサーは波形解析を行うために広帯域型（200kHz～1.3MHz）を用い、図 - 1 に示すように供試体側面に取り付ける。AE センサーでとらえた信号は増幅部で 90dB 増幅（プリアンプで 40dB、メインアンプで 50dB）増幅される。増幅された信号はノイズレベルより僅かに高い数居値を越えたものに対して、AE 信号処理装置によりその信号の発生時間、リングダウン数、波形最大振幅などの AE パラメータが計測される。ついで、AE 波形処理装置により 0.5μ秒のサンプリング、収録長 2048words、プレトリガー 512words で波形が収録される。測定終了後には解析装置を用いて、収録した AE 波形データから周波数解析（高速フーリエ解析）、1 イベント毎の到着チャンネル順やその時間差および波形パラメータの解析などが行われる。

供試体の载荷には、最大荷重 100kN の油圧サーボ式疲労試験機を用い、载荷方法は変位制御とし、その速度を 0.1mm/min とした。

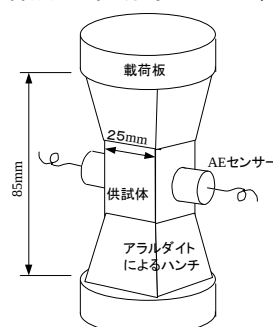


図 - 1 センサー配置

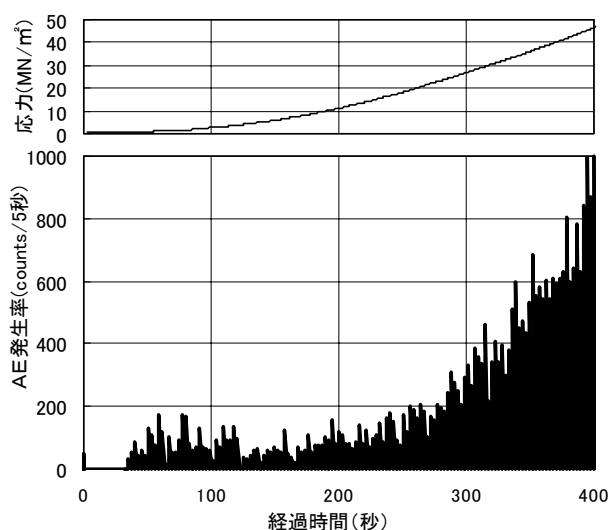


図 - 2 AE 法測定例

AE，地圧，周波数

(株)日本パブリック 東北支社 宮城県仙台市青葉区一番町 14 番 32 号 TEL 022-267-1011 FAX 022-267-6778
(株)日本パブリック 技術開発部・地盤研究室 千葉県我孫子市緑 1-1-3 TEL 0471-81-2700 FAX 0471-81-2727

3. 従来の AE 法

荷重初期に AE が多く発生した供試体における測定結果を図 - 2 に示す。一番上の図は経過時間に伴う応力、中の図は AE 発生率、下の図は AE 累積数の変化である。この図に示すように、AE の発生率は荷重初期から増加を始め、その後減少して再び増加している。このような場合には、カイザー効果を示す AE の急増点を特定することができず、従来の AE 法では地圧を求めることはできない。

4. 荷重当初の AE 波形の周波数変化

従来の AE 法で AE の急増点を特定できないのは、カイザー効果を示す AE とそれ以外の AE が存在するためと考えられる。この両者は発生原因が異なると考えられるため、AE 波形も異なっていることが予想される。そこで、実験を行い AE 波形の周波数の変化を検討した。

実験には約 20 年前に採取されたボーリングコア（花崗岩）を用いた。この試料は深さ 60m 付近のコアであり、潜在亀裂の比較的多いものである。上載圧は 1.5MPa 程度となる。

荷重当初の周波数変化を図 - 3 に示す。

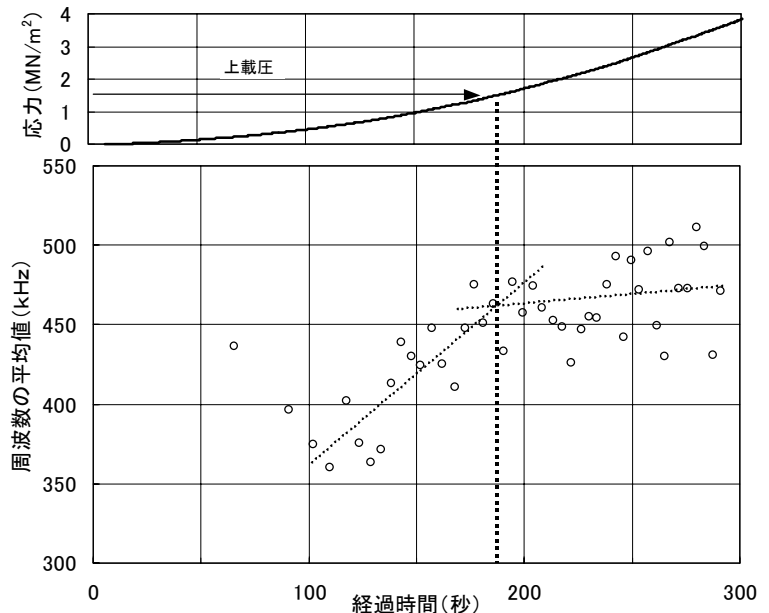


図 - 3 荷重当初の AE 波形の周波数変化

図 - 3 において横軸は経過時間、縦軸には周波数を示し、丸印は 11 イベント毎の AE の周波数を平均したものである。AE が発生し始めた 0.5MPa 付近の AE は 350 ~ 400kHz 範囲に分布し、荷重が増加するに従って周波数の分布するゾーンが徐々に上昇している。そして、1.5MPa（経過時間 180 秒）付近に至ると周波数の上昇は収まり、その後は 420 ~ 500kHz のレベルでほぼ一定となっている。

この結果から、荷重に伴う AE の周波数の変化を検討すると、以下のように推定される。

荷重当初の AE は、地圧の解放によって生じた岩石内の微小な亀裂が荷重によって締まる過程で発生したものと考えられる。すなわち、荷重の始めでは地圧の解放による緩みが大きいために微小な亀裂の滑動が大きく、荷重が増加するとともに緩みが減少し微小な亀裂の滑動も小さくなっていく。微小な亀裂面の滑動時に発生する AE は滑動面積が大きいほどその周波数が低くなるものと考えられる。

先行応力に達すると岩石内部の緩みは無くなり、微小な亀裂が新たに発生する。この場合の亀裂面は小さいので AE 波形の周波数は相対的に高くなる。

5. まとめ

従来の AE 法では、供試体によっては荷重当初から AE が多く発生して AE の急増点が不明瞭となり、先行応力を特定できない場合があった。この荷重当初の AE は地圧の解放によって生じた岩石内の微小な亀裂面の緩みが荷重によって滑動するために発生するものと考えられ、実験の結果から滑動面積が大きいほど AE の周波数は相対的に低くなるものと推定された。このことにより、従来の手法では AE が多く発生し測定が不可能と考えられていた岩石においても、AE 波形の周波数変化に着目し、周波数が相対的に高くなった応力レベルを読み取ることによって、AE を利用した地圧測定法が適用できる可能性があることがわかった。

参考文献

- 1) 金川 忠：岩石における地圧成分の Acoustic Emission による推定の試み、土木学会論文報告集、第 258 号、1977。