

III-344 AEおよび弾性波による岩盤空洞のゆるみ進展状況の検知法について

鹿島建設技術研究所 正会員 ○戸井田 克 酒井 学 青木 謙治

1. はじめに

原油備蓄及び放射性廃棄物処分等の地下空間利用においては、掘削による空洞周辺岩盤の安定性の把握が設計・施工上、特に重要であり、空洞掘削に伴うゆるみの進展を精度良く検知することが必要とされる。岩盤中のゆるみの進展は微小破壊の累積現象と解釈され、これらの検知法として変位分布、弾性波速度の低下率、透水性の変化及びクラック幅の変化等が現在多く用いられているが、いずれも最適な方法とは言い難く、より高精度の検知法の開発が望まれる。

筆者らは、ゆるみの進展を精度良く検知し、空洞の力学的安定性の管理に資するためには、破壊の予兆を検知できること及び破壊に関する判定がし易いことが重要と考え、これらを満足する指標としてAE測定におけるm値（破壊により発生するAEの規模と頻度の関係を表わす指数）と弾性波速度測定における波動の振幅変化に着目し、破壊前後の状況を直接確認できる原位置せん断試験時の測定結果から、これら指標のゆるみ現象の検知への適用性について検討した。

2. AE測定概要及び測定結果

AE測定では、破壊前後のm値の変化および破壊面の進展に伴うm値の変化について検討するため、図-1に示す2とおりのパターンでAE用受振器を供試体周辺岩盤へ設置して観測を行った。観測されたAE波形は、増幅後バンドパスフィルタを通して、設定したしきい値を越えたものを計数するリングダウンカウン方式により種々のAEパラメータを記録し、その中の最大振幅を用いてm値を算出した。図-2はパターンIの測定結果であり、岩盤の破壊点への接近に伴うm値の低下と破壊後のm値の反転現象が認められた。

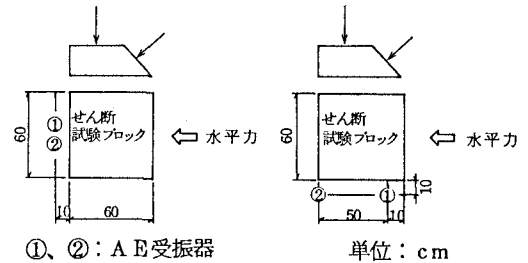


図-1 AEセンサーの配置

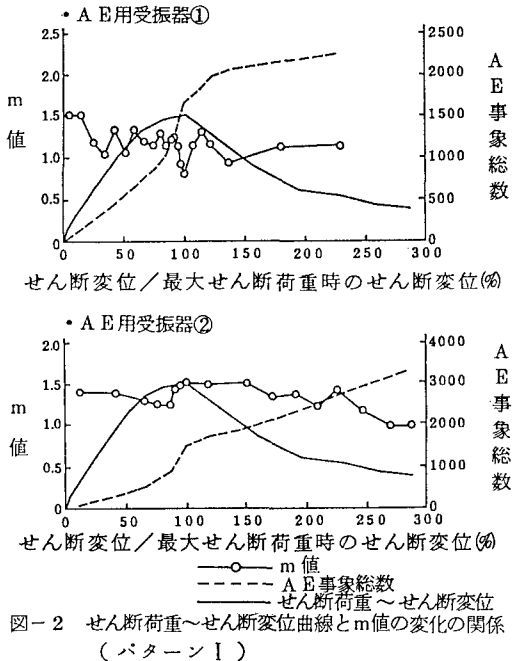


図-2 せん断荷重～せん断変位曲線とm値の変化の関係 (パターンI)

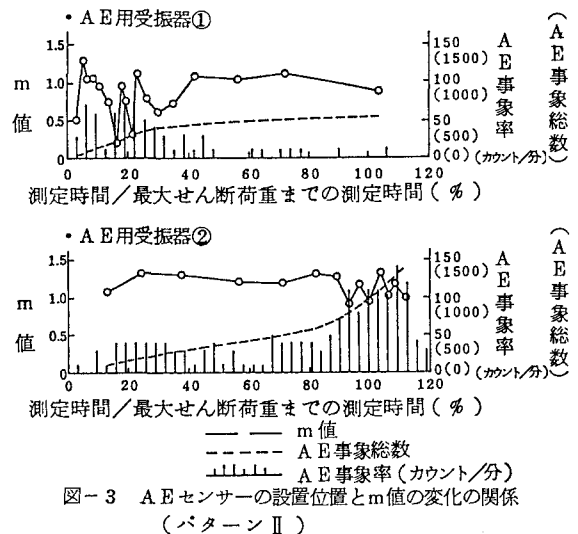


図-3 AEセンサーの設置位置とm値の変化の関係 (パターンII)

Scholz等¹⁾は m 値の低下は微小破壊の成長とその発生確率の増大に起因するとしており、図-2でも破壊直前での m 値の低下が見られる。破壊後の m 値の反転現象は高度の応力集中による卓越破断面の形成から、破断面の凸凹部のせん断による小規模な破壊へ移行し、A Eの発生機構が変化することによって生じたものと考えられる。図-3はA Eセンサーをせん断荷重方向に平行に配置したパターンⅡの測定結果であり、破壊の進展に伴って m 値の反転現象が繰返されて行く様子がうかがえる。以上のことから掘削に伴う空洞周辺の漸移的なゆるみの進展をA E測定から経時的に把握できる可能性があると考えられる。

3. 弾性波測定の概要及び測定結果

弾性波測定では、供試体周辺岩盤へ発、受振器を設置してせん断荷重荷重方向と直交方向に伝播する波動を観測した。各せん断荷重段階ごとに測定された波形記録から最大振幅 A を読み取り、伝播速度 V の算出を行って荷重前の測定値 A_0 及び V_0 を用いて振幅比 A/A_0 と速度比 V/V_0 として整理した。

図-4は、せん断変位～せん断荷重曲線と振幅比及び速度比の関係を示したものであり、速度比は破壊付近でも初期値の90%程度までしか低下していないが、振幅比はせん断荷重の小さい段階から低下が始まり、破壊時の半分程度の変形が生じた時点で既に初期値の70%以下となっている。このように微小破壊の累積の影響が速度比よりも振幅比で顕著な原因は、室内での岩石試料を用いた要素試験結果でも指摘されているように²⁾、微小亀裂を含む岩盤中の波動伝播特性のうち伝播速度は堅硬な部分の速度値に主として左右されるのに対し、振幅は亀裂部での波動の透過、反射により大きく左右されるためと考えられる。従って、本来亀裂を有する岩盤に対しては、振幅比を指標とした方が岩盤の性状変化の判定がより容易に行えると思われる。

4. まとめ

本論文では、空洞掘削時のゆるみ進展を精度良く検知するための指標としてA E測定における m 値と弾性波測定における波動振幅に注目し、それらの適用性を原位置せん断試験時の測定結果から検討した。その結果、 m 値及び弾性波振幅という指標は特に破壊に先立つ前兆現象が明確に判定し得ることからゆるみの進展のモニタリングに適用できる見通しを得た。とりわけ、A E測定は受振器のみを配置して計測を行うパッシブな手法であるため常時測定が可能であり、ゆるみの進展に対するリアルタイムの評価が容易に行える可能性を有している。実際の空洞においてもA Eを主体として空洞壁面付近に複数の監視点を設置して観測を行うことにより、空洞掘削時のゆるみの進展を精度良く検知できるものと考えられ、現在掘削中のトンネルにおいて実用化のための検討を進めている。

参考文献

- 1) Scholz, C.H. : The Frequency Magnitude Relation of Microfracturing in Rock and its Relation to Earthquakes, B.S.S.A. , Vol. 58, pp. 399~ 415, 1968.
- 2) 佐々 宏一 ほか：薄層の存在が弾性波に及ぼす影響について、土木学会第41回年次講演会講演集、Ⅲ pp. 85 ~86、1986.

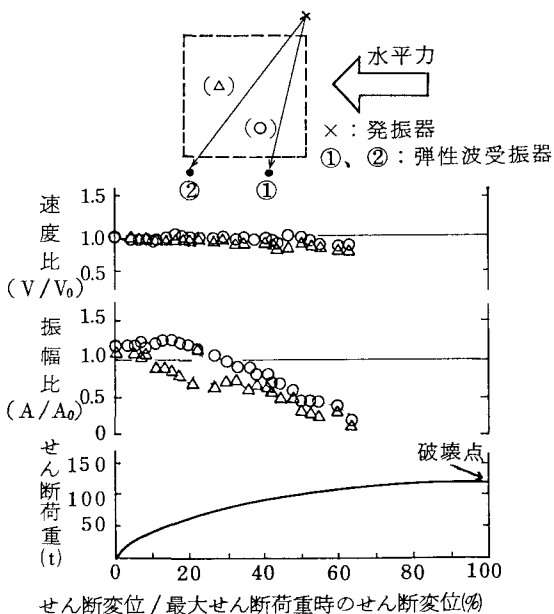


図-4 せん断荷重～せん断変位曲線と

速度比、振幅比の比較