

## ブロック供試体を用いたAE特性の検討

A STUDY ON AE USING BLOCK SPECIMEN

吉田次男\*・平川芳明\*\*・森 聡\*\*

Tsugio YOSHIDA, Yoshiaki HIRAKAWA, Satoshi MORI

AE monitoring is one of the most promising methods. So in order to study validity of AE monitoring for rock structures, biaxial shearing tests using block specimens were carried out. The block specimens were made of mortar and had many discontinuities.

The results show that AE events increase suddenly at 70~75% of failure stress, and before 70~75% of failure stress, AE events are almost constant.

### 1. まえがき

岩盤構造物のモニタリング手法としてAE計測は有望な手法の一つであり、現在、岩盤のAE特性を把握するために、室内試験においては、岩盤実質部のせん断過程におけるAE特性や単一亀裂のせん断過程におけるAE特性の検討がなされている。

ここで、地下空洞掘削時の周辺岩盤におけるBTV観察によると、岩盤が変形する際には、不連続面の滑り、実質部での新規亀裂の発生、亀裂の進展等により岩盤内部は複雑な挙動をしていることが確認されている。

そこで、実際の岩盤と同様に複雑な挙動をする場合のAE計測の妥当性を検討するために、複数の模擬不連続面を有するブロック供試体を用いて、載荷過程のAE特性を検討した。

また、ウェーブガイドを用いて、AE計測を行う手法の妥当性についても検討した。

### 2. 試験方法

#### 2.1 供試体作製

供試体は、縦横36cm、高さ3cmのモルタル板を切断して、複数の模擬不連続面を有するブロック供試体を作製した。モルタル板の切断は、コンピュータ制御のX、Y軸可動型ウォータージェットカッターを用いて、高圧水をφ1mmのノズルから噴射して行った。

不連続面のパターンは、供試体が破壊する際に、①主に、不連続面の滑りや開口幅の増大によって、供試体全体の破壊が発生するケース②主に、ブロック実質部の破壊によって、供試体全体の破壊が発生するケースが生じるように種々のパターンを作製した。不連続面のパターンは、図-1の通りである。

\* 正会員 関西電力株式会社 総合技術研究所

\*\*正会員 株式会社ニュージェック 技術開発部

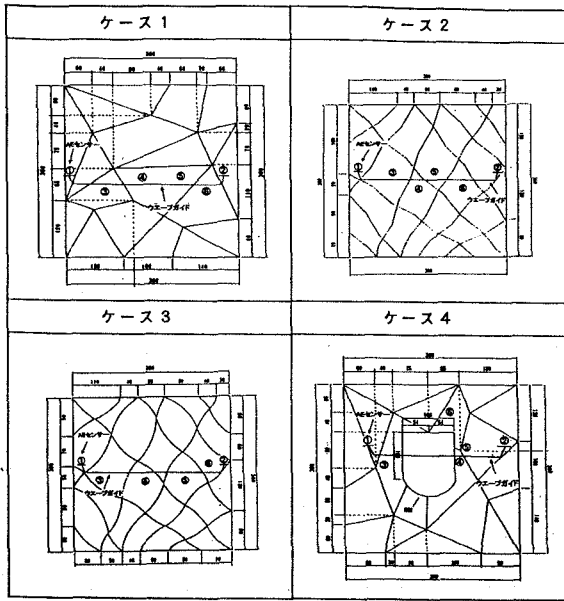


図-1 不連続面パターン

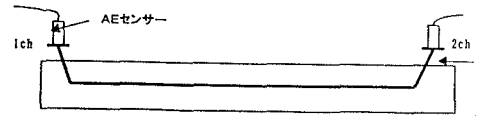


図-2 ウェーブガイド

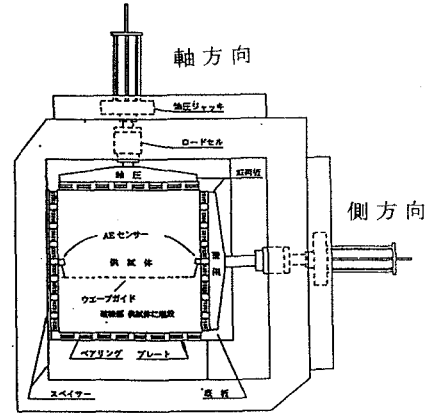


図-3 二軸載荷試験装置

## 2・2 AEセンサー取り付け方法

AEセンサーの取り付け方法は、直接供試体ブロックに接着する方法と、ウェーブガイドに接着する方法を併せて行った。

ウェーブガイドの形状は、図-2に示すとおり、長さ440mm、直径3mmのステンレス製で、ガイドの両端にはセンサー取り付け用のステンレス板（長さ20mm×幅10mm）を溶接している。

ウェーブガイドは、供試体に深さ15mm、幅5mm程度の溝を掘り、不連続面にセメントミルクが入り込まないようにあらかじめ粘土でねじ止めしてから速乾性セメントを用いて埋設した。AEセンサーは、瞬間接着剤を用いて、ウェーブガイド上のセンサー取り付け板に接着した。

AEセンサーの取り付け位置は、図-1の通りである。

## 2・3 載荷方法

試験は、図-3に示す応力制御方式の二軸載荷試験装置により行った<sup>1)</sup>。ケース1、ケース2は30kN、ケース3は20kNで等方載荷した後、側方荷重一定のまま軸荷重を単調増加し、供試体が全体的な破壊を起こすまで載荷を行った。ケース4は、200kNで等方載荷した後、軸荷重一定のまま側方荷重を単調減少し、供試体が全体的な破壊を起こすまで載荷を行った。

載荷時の変位は、ダイヤルゲージで供試体の側面各2ヶ所の変位を測定し平均値を求めた。

## 2・4 AE計測

AE計測は、ウェーブガイド上の1, 2chのセンサーと供試体上の3~6chのセンサーを用いて行った。AEセンサーは、100~1000kHzの広帯域のセンサーであり、増幅はプリアンプ側で20db、メインアンプ側40dbの計60dbである。また、ノイズレベルから0.25mVのしきい値をもうけ、それ以上の信号をAEとしてカウントした。

## 3. 試験結果

### 3・1 ケース1

図-4は、ケース1の時間～軸荷重・AE発生率の関係を示し、図-5は、時間～軸荷重・軸変位の関

係を示している。写真-1は、供試体破壊時のものである。不連続面の大きな滑りと、すべり面の延長にあるブロックの破壊によって、供試体全体の破壊が発生した。

AEは、軸荷重が破壊荷重の70%程度(300kN)で急増し、破壊直前は1~6ch全てのセンサーにおいてAE発生率が非常に大きい。また、軸荷重が破壊荷重の70%程度までは、AEの発生率はほぼ一定である。ウェーブガイド上のセンサー(1,2ch)と供試体上のセンサー(3~6ch)を比較するとAE特性に殆ど差異は見られない。

載荷時においては、破壊直前まで供試体ブロックに新規亀裂は発生していない。AEが連続的に多く発生し始めた300kN近傍から一部のブロック同士のズレが顕著になった。

軸方向変位は、軸荷重とほぼ比例して増加した。

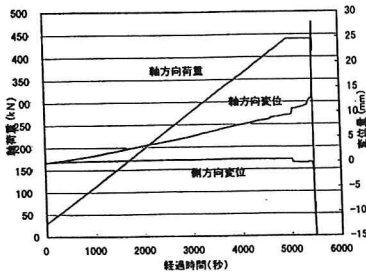


図-5 時間～軸荷重・軸変位(ケース1)

### 3.2 ケース2

図-6は、ケース2の時間～軸荷重・AE発生率の関係を示し、図-7は、時間～軸荷重・軸変位の関係を示している。写真-2は、供試体破壊時のものである。不連続面の全体的なズレとそれに伴う一部ブロックの破壊によって、供試体全体の破壊が発生した。

AEは、1~6ch全てのセンサーにおいて破壊荷重の60%程度(170kN)で一時的に発生率が急増した後、いったん減少して、破壊荷重の75%(220kN)程度で再び増加した。破壊直前には1~6ch全てのセンサーにおいてAE発生率が非常に大きい。また、軸荷重が破壊荷重の60%程度までは、AEの発生率はほぼ一定である。

最初にAEが急増した170kN近傍で、亀裂の発生が認められ、AEが連続的に多く発生し始めた220kN近傍から亀裂が増加し始めると同時に、亀裂や不連続面の開口幅の増加が顕著になった。

ウェーブガイド上のセンサーと供試体上のセンサーを比較するとケース1と同様にAE特性に殆ど差異は見ら

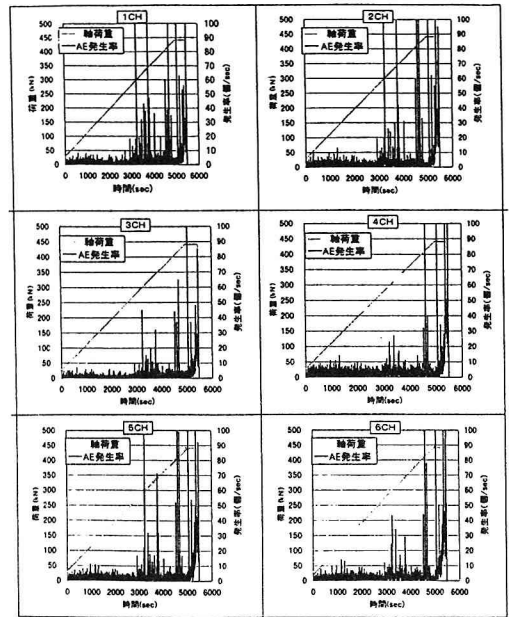


図-4 時間～軸変位・AE発生率(ケース1)

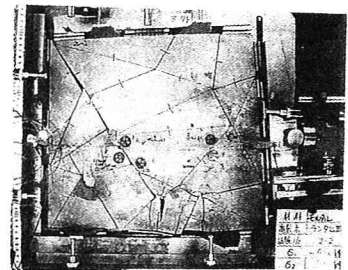


写真-1 破壊時供試体(ケース1)

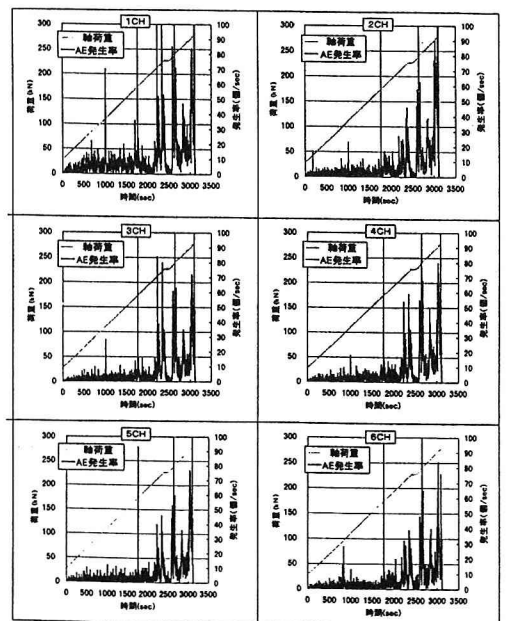


図-6 時間～軸変位・AE発生率(ケース2)

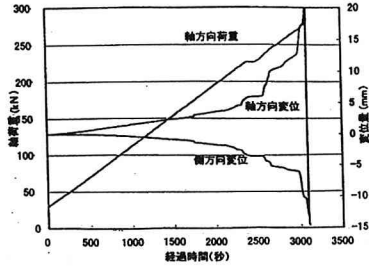


図-7 時間～軸荷重・軸変位(ケース2)

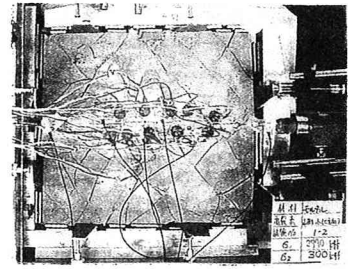


写真-2 破壊時供試体(ケース2)

れない。

軸方向変位は、軸荷重が小さいところでは、軸荷重とほぼ比例して増加し、破壊に近づくとき段階的に増加し、変位が急増する箇所と変位が安定している箇所が交互に現れた。この変位が急増する箇所に対応してAEも急増している。

### 3・3 ケース3

図-8は、ケース3の時間～軸荷重・AE発生率の関係を示し、図-9は、時間～軸荷重・軸変位の関係を示している。写真-3は、供試体破壊時のものである。不連続面の開口とそれに伴う一部ブロックの破壊によって、供試体全体の破壊が発生した。

AEは、軸荷重が破壊荷重の75%程度(120kN)で急増している。軸荷重が破壊荷重の75%程度以下では、一部でややAEが増加している箇所もあるが、概略的にAEの発生率に大きな差異はなく、ほぼ一定である。なお、センサー1において、載荷初期にAEが多く発生しているが、これは供試体と載荷板の摩擦によるものと考えられる。

載荷においては、破壊直前まで新規亀裂はほとんど発生していないし、不連続面の開口幅の変化やズレもあまり大きくない。軸方向変位は、軸荷重とほぼ比例して増加している。破壊に近づくとき、やや段階的に軸変位が増加し、この箇所ではAEの発生率が大きい。

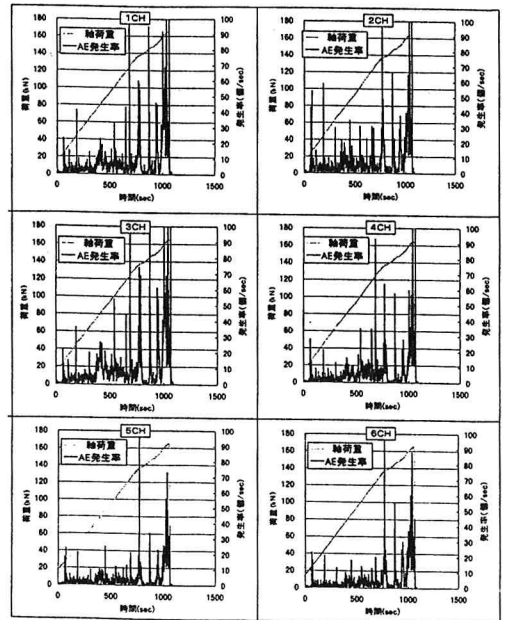


図-8 時間～軸変位・AE発生率(ケース3)

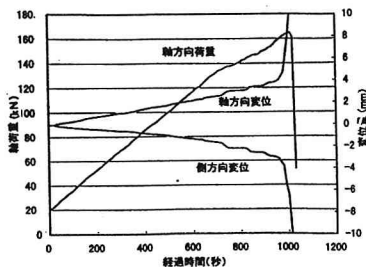


図-9 時間～軸荷重・軸変位(ケース3)

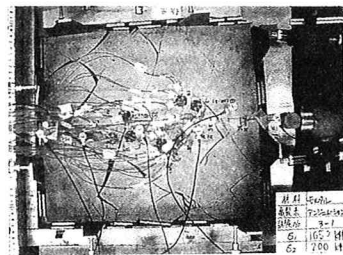


写真-3 破壊時供試体(ケース3)

### 3・4 ケース4

図-10は、ケース4の時間～軸荷重・AE発生率の関係を示し、図-11は、時間～軸荷重・軸変位の関

係を示している。また、写真-4は、供試体破壊時のものである。

荷重を除荷する場合も、載荷する場合と同様に破壊の前にAEが急増している。

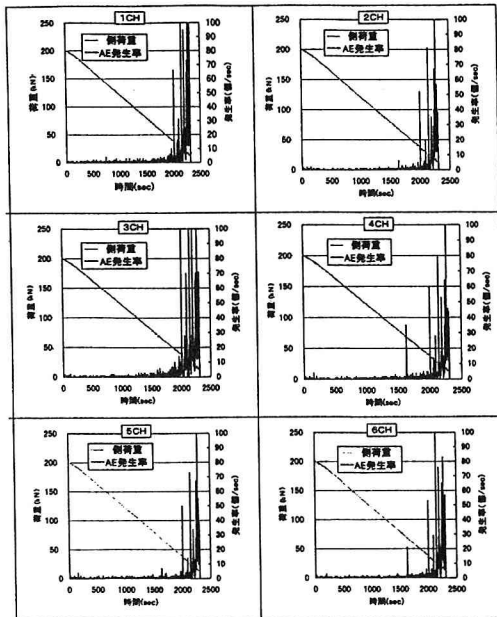


図-10 時間～軸変位・AE発生率(ケース4)

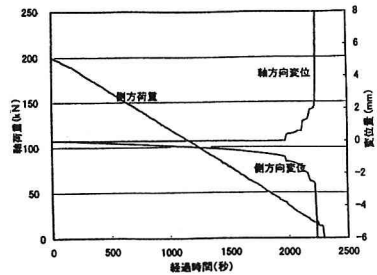


図-11 時間～軸荷重・軸変位(ケース4)

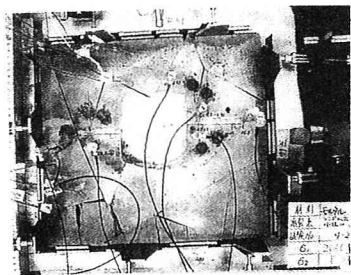


写真-4 破壊時供試体(ケース4)

#### 4. 考察

ブロック供試体を二軸載荷した場合のAE発生特性を調べた。AE発生特性と変位特性を比べた場合の大きな相違点は、変位は載荷の初期段階から漸増するのに対して、AE発生率は載荷の初期段階ではほぼ一定であり、破壊が近づくとあるポイントで急増し、破壊まで連続的にAEが多く発生することである。AEが急増して連続的に多くのAEが発生する現象を破壊の前兆現象として判定すると、変位特性により判定するより、判定が容易であると考えられる。

また、ケース3のように、破壊直前まで新規亀裂の発生や初期不連続面の開口幅の変化、ズレ等があまり大きくない場合においても、破壊荷重の75%程度でAEが急増している。これは、ポアホールテレビによる孔内観察などによって岩盤の破壊予測が困難場合においても、AEでは予測できる可能性を示唆している。

ケース2のように、一時的にAEが急増し、その後すぐに収まった場合は、部分的な破壊や滑りが発生していても全体的な破壊には、つながらないものと考えられる。

このようにAEは岩盤の破壊予知に有効であると考えられるが、AEが急増してから破壊が発生するまでのタイミングが各ケースでばらつきがあり、AE発生率のみで破壊のタイミングを予測するには、ある程度の誤差が生じるものと考えられ、今後、周波数、エネルギー等の指標についても検討し、予測精度の向上を図る必要があると思われる。

ウェーブガイドでAE発生率を計測した場合、供試体に直接センサーを取り付けて計測した場合とほとんど差はない結果が得られた。ウェーブガイドでAEを計測することで効率的な測定が可能である。

#### 5. 参考文献

- 1) 吉田次男、安原敏夫、井尻健嗣：ブロック供試体を用いた二軸せん断試験，第10回岩の力学国内シンポジウム講演論文集，pp.67～72，1998.1