

亀裂性岩盤における接着剤充填による水圧破碎地圧測定法の検討

山口大学大学院	学生会員○米廣伸生	山口大学大学院	学生会員 岡 弘
山口大学工学部	正会員 石田 毅	元山口大学大学院	正会員 大池泰弘
(株)日本パブリック	正会員 中山芳樹	山口大学工学部	正会員 水田義明

1. はじめに

地下空間を利用するには、初期地圧状態と呼ばれる空洞掘削以前の岩盤の応力状態を調査することが必要である。初期地圧を原位置で精度良く測定する方法として、水圧破碎による方法がある。しかし、亀裂が存在する浸透性の高い岩盤においては、亀裂に水が浸透し、岩盤を破壊することができないという問題がある。そこで本研究では、通常の水圧破碎で発生した亀裂を既存亀裂とみなして接着剤を既存亀裂内に充填することで亀裂を塞ぎ、再度水圧破碎を行い AE と圧力を測定して、亀裂性岩盤における水圧破碎地圧測定法の可能性を検討する。

2. 実験方法

実験に用いた供試体は、1 辺 190mm の中国産糠目花崗岩である。岩石の異方性が亀裂の発生方向に影響を与えないように、石目に直交する Z 方向に直径 20mm のボーリング孔を削孔した。

まず、X 方向に 2.5MPa、Y 方向に 7.5MPa の拘束圧を载荷し、通常の水圧破碎を行い Y 方向に亀裂を造成した。この亀裂を 既存亀裂 とみなし接着剤を既存亀裂内に充填し、十分な強度を得るために 5 日間放置した後、最大碎荷方向を 90 度逆転して、X 方向に 7.5MPa、Y 方向に 2.5MPa 载荷し、再度水圧破碎を行った。

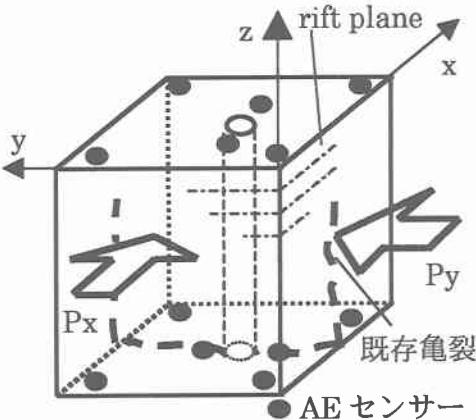


図 1 载荷状態とAE センサー

3. 実験結果と考察

3. 1 圧力と AE 発生頻度の経時変化

接着剤充填前と接着剤充填後の圧力と AE 発生頻度の経時変化を図 2 示す。上が接着剤充填前、下が接着剤充填後である。注入圧を見ると、2 つの図とも注入圧が最大を示した後、急激に圧力が低下している。さらに、接着剤注入前の最大注入圧は 25.7MPa で、接着剤充填後は 24.8MPa であった。また、AE 発生頻度は圧力が最大を示す直前から低下するまでの間に集中して発生している。この 2 つの結果には、大きな違いはないことがわかる。

3. 2 AE 震源の空間分布と供試体表面の亀裂

AE 震源の空間分布やその経時変化について接着剤充填前、充填後の両方の水圧破碎について検討したが、ここでは主に、接着剤充填後の水圧破碎について述べる。

AE 震源は供試体の速度異方性を考慮し、各センサーへの P 波初動の到達時間から求めた。考察の対象とした震源は、P 波初動を読み取れたセンサー数（データ数）5 以上、走時残差の標準偏差 3 μs 以下などの条件を満たした

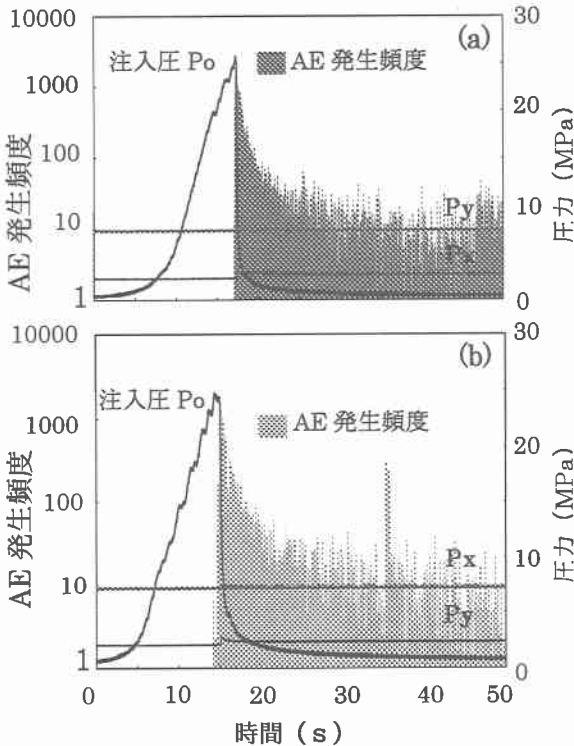


図 2 圧力と AE 発生頻度の経時変化
(a) 接着剤充填前 (b) 接着剤充填後

震源のみであり、震源決定の誤差は数 mm 程度、最大でも 10 数 mm 程度である。接着剤充填後の水圧破碎で発生した AE イベントの総数は 3744 個で、そのうち震源決定できた 1275 個の AE 震源の各平面への投影図を図 3 に示す。XY 平面ではボーリング孔から -X 方向に供試体側面まで AE 震源が分布している。YZ 平面ではボーリング孔中心の Y 座標 95mm に沿って、Z 座標 0~170mm まで +Y 方向にやや傾きながら分布している。XZ 平面では X 座標 0~95mm から Z 座標 0~170mm の範囲にそのほとんどが分布している。これは、図 4 の実験後に観察した供試体表面の亀裂のスケッチで示しているようにボーリング孔から -X 方向に、+Y 方向に傾きながら発生した亀裂の位置と一致している。また、亀裂が供試体上部まで達していない原因としては、ダブルパッカーの加圧区間が供試体中央から約 15mm ずれていたため、亀裂が供試体中央から約 15mm 下部を中心に進展していったことが考えられる。

3.3 AE 震源の時空分布

AE 震源の時空分布を図 5 に示す。AE 震源の X 方向への経時変化では、X 座標で 0 mm~95 mm の間にその大部分が分布している。Y 方向を見ると、破碎孔を中心に狭い範囲に集中して分布している。Z 方向に関しては、Z 座標で 0mm~145mm に震源が分布し、分布の範囲は供試体上端面まで達していない。これらのことから、亀裂は破碎孔から -X 方向に進展し、上端面までは達しなかったと考えられ、これも図 3 の亀裂のスケッチと一致する。さらに、図 5 を見ると、約 35 秒あたりから AE 震源の数が急激に少なくなっていることがわかる。これは、約 35 秒で亀裂の進展が終了したことを示していると考えられる。

3.4 接着剤の効果

接着剤の亀裂面への圧入状態を調べるため供試体を載荷枠から取り外し、亀裂面で切断して観察したところ、接着剤はボーリング孔の孔壁面にとどまり、亀裂面内には浸入していなかった。このことは、接着剤をボーリング孔壁面の亀裂に塗布するだけで既存亀裂への水の浸透を防ぐことができることを示している。

4. おわりに

本研究の結果、接着剤充填前と接着剤充填後の場合の圧力及び AE 発生頻度の経時変化、AE 震源の空間分布と時経時変化、供試体表面の亀裂の状態に顕著な違いは見られなかった。従って、亀裂が存在する浸透性の高い岩盤においても接着剤を用いることにより、既存亀裂の影響を受けずに水圧破碎によって新規亀裂を発生させ、地圧測定できる可能性が明らかとなった。

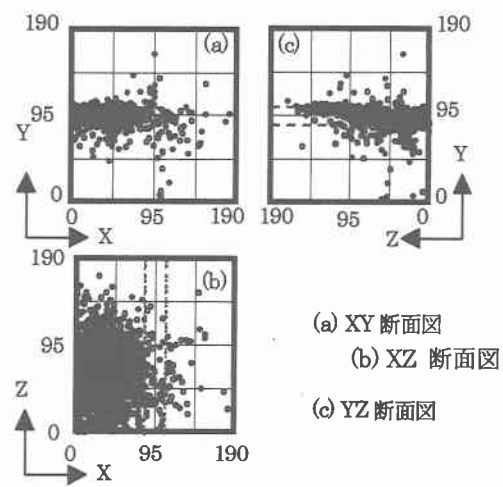


図 3 AE 震源の空間分布

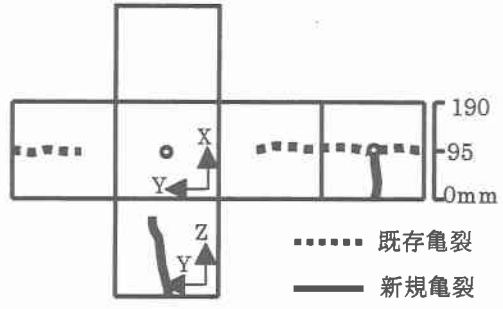


図 4 供試体表面の亀裂のスケッチ

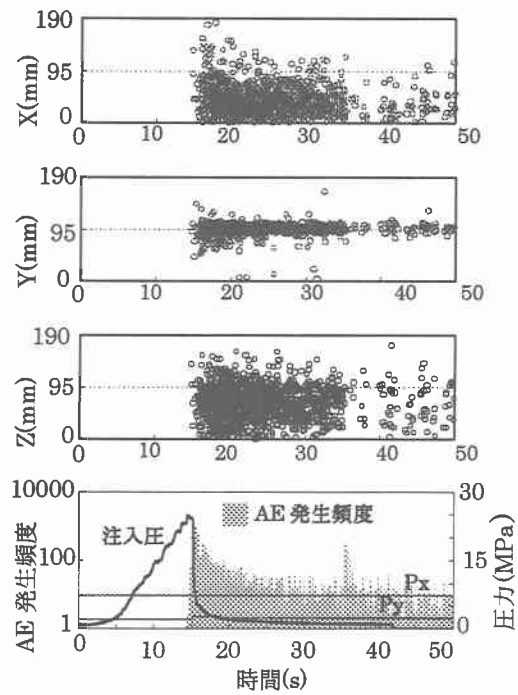


図 5 AE 震源の時空分布