花崗岩供試体三軸圧縮試験時のAE 測定

大成建設 正会員 谷 卓也 〇青木智幸 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 平井秀幸

1. はじめに

大規模岩盤地下空洞を掘削する際には、周辺岩盤の挙動を把握しながら掘削を進めることが重要である.現 状での計測では、岩盤変位計のような静的な測定が主流であるが、時に空洞は脆性的な破壊傾向を示す場合が ある.このような破壊の前兆現象は変位を主体とした計測では捉えにくく、貯槽掘削時の岩盤監視手法として は必ずしも十分であるとは言えない.そのため、動的な計測手法として、岩盤の微小破壊音である AE (Acoustic Emission)計測が地下発電所などの空洞掘削時に行われ、その有効性が認められている¹⁾.

空洞掘削時の岩盤の損傷(破壊)の程度や形態は、岩盤や岩盤を構成する岩石の力学的な性質によって異な ることから、破壊過程で観測される AE の特性も岩種や産地によって異なる可能性がある.また、原位置の AE 計測データから岩盤状態を評価する際には、評価する岩盤が破壊過程でどのような AE 特性を示すのか、 その関係を把握しておく必要がある.本論文では、波方基地の LPG 貯槽の施工に先立って実施した、波方花 崗岩の三軸圧縮試験時の AE について、その周波数や m 値の変化と、岩石の破壊状況との関係を調べた結果 について述べる.

2. 試験方法

施工サイトのボーリングコアから得られた新鮮な花 崗岩を用い,図-1に示すようなφ50mm,高さ100mmの 円柱形供試体で試験を行った.計測に用いたAEセンサは, 直径φ10mm,高さ30mmのPZT型である.センサは,載 荷中に圧力が作用して損傷しないよう供試体上下端の 載荷板の中に設置した.また,100kHz~1MHzの広帯域 の周波数特性を有するセンサを用い,岩石が破壊に至る までの周波数の変化が確実に把握できるようにした.

供試体の試験機への設置状況を写真-1に示す.供試体 は、上下の載荷板に設けられた供試体と同径の凸部に合 わせてセットし、この部分をゴムスリーブで覆った.三 軸試験には、容量2,000kNの高剛性圧縮試験機および油 圧セルを用いた.載荷は速度を0.05%/minとしたひずみ制 御で行い、原位置の初期地圧測定の結果を考慮して側圧 を5MPaとした.

3. AE 計測システム

AE 計測システムを図-2 に示す. 発生した AE 波形を 取得し解析処理するシグナルコンディショナは, AE カ



図-2 AE 計測システム

ウント収録速度が最大 15,000 個/s, 波形収録速度が 5,000 波形/s の高性能タイプである. AE 測定の設定条件 として, PZT 型センサの利得はプリアンプの 40dB とした. 取得する AE 波形の振幅のしきい値については, ノイズレベルより若干高い値に設定した. また, しきい値を超えた場合には, 波形の他に AE の発生時刻, リ ングダウン計数, 波形の最大振幅値, 波形の周波数特性等をリアルタイムで解析し, データとして収録した. なお, 波形のサンプリング間隔は 0.2µsec, 収録長 2,048words, プレトリガー512words とした. 測定終了後に,

キーワード 岩石三軸圧縮試験, AE, 花崗岩

|連絡先|| 〒245-0051||神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1||大成建設 (株) 技術センター 谷 卓也 TEL 045-814-7237

3-195

収録した AE 波形データの最 大振幅値と発生数の関係から, 岩石の健全性評価の指標とな る m 値²⁾を求めた.

4. 試験結果

4.1 供試体の破壊状況

三軸試験後の供試体の破壊 状況を写真-2に示す.写真に は赤点線で破壊面が示されて いる.同写真を見ると,亀裂 はせん断方向に発生している ことが分かる.



図−3に試験中の応力とひず

みの関係, AE 発生数, AE 周波数, m 値を示す. 同図から, ひずみが約 0.8%で応力が 225MPa のピークに達し, その後 70MPa 程度まで大きく低下して残留状態となっていることが分かる.

4.2 岩石の破壊と AE 特性

本試験では、AE カウント約 20 万個、波形は約 2 万個を収録した.これらの AE データを用いて、岩石の破壊と AE の関係を調べるために、①AE 発生数、②AE 波形の周波数、③振幅変化を現す m 値の 3 つの AE 特性を求めた(図-3 参照).以下、これらの AE 特性の試験中の変化について述べる.

はじめに発生数の状況について述べる.図-3より,AE はひずみが 0.5%程度から発生し始め,0.6%程度か ら急増し,破壊時に最大で 1,100 個/s 程度となる.破壊直後も 1,000 個/s 程度と発生数は多い.その後,急激 なひずみ増加が生じるが,発生数は一旦減少してから再び 700 個/s 程度まで増加し,徐々に 500 個/s まで減少 する.次に,周波数の変化について述べる.周波数は AE が発生しはじめたひずみが 0.5%の時点では 400kHz 程度を示しているが,0.6%から破壊に至るまでに 300kHz に低下する.残留時には 250kHz 付近の一定の値を 示している.最後にm値について述べる.周波数が低下する時期よりやや遅れ,ひずみが 0.7%程度から低下 しはじめ,低下傾向は破壊直後まで続く.残留に入ると破壊前の値に戻り,ほぼその値を維持する.

以上をまとめると、供試体が破壊に至る直前に AE は急増し、周波数とm値はそれ以前から低下傾向を示す ことが分かった. AE 発生数と周波数の傾向は、岩種の異なる供試体で行われた既往の研究¹⁾の結果と概ね整 合している. したがって、硬岩においては、岩種の違いによる岩石破壊時の AE 特性の傾向に顕著な差異は無 いと考えられ、花崗岩についても、その破壊の前兆を AE 計測で捉えられる可能性が示されたと言える. また、 十分な数量の AE 波形を取得しつつリアルタイムに m 値が評価できれば、試験中の岩石の破壊や損傷程度が より確実に把握できるものと考えられる.

5. おわりに

高速な波形収録機能と演算機能を有する計測器を用いて,花崗岩の三軸圧縮試験時に発生する AE を計測した. AE 特性を評価するのに十分な波形を収録し,データ分析を行った結果,岩石破壊時の AE 特性の変化が 明瞭に示された. 原位置計測においても,貯槽空洞掘削時の AE 波形データを量的に十分取得できれば,岩盤 状態を精度良く評価できると考えられる. 今後は,原位置において,空洞掘削に伴う岩盤状態の変化と発生した AE について分析し,空洞周辺岩盤の健全性のモニタリングに適用したい.

参考文献

1) 前島俊雄他; 神流川地下発電所空洞掘削時の AE 測定による岩盤挙動の評価,第 31 回岩盤力学シンポジウム講演論文集, pp.256~260, 2001.

2) 青木謙治他; アコースティック・エミッションを用いた岩盤空洞安定性評価技術, 資源・素材学会誌, Vol.107, No.7, pp.489-494, 1991.