

水封式 LPG 岩盤貯槽における AE 計測システムを用いた岩盤健全性評価 —波方国家石油ガス備蓄基地—

大成建設(株) 正会員 〇岡嶋 和義, 廣末 龍文, 工藤 直矢
(株)レーザック 正会員 藤井 宏和
(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構 正会員 前島 俊雄

1. はじめに

LPG の国家備蓄を目的とする波方国家石油ガス備蓄基地では、水封式地下岩盤貯蔵方式が採用されており、岩盤貯槽と作業トンネルとの境界に岩着するコンクリートプラグ（以降、プラグ）は、貯槽としての密閉性を確保する上での最重要構造物として位置づけられる。波方基地プロパン貯槽工事では、貯槽建設の一環において、このプラグ部の健全性を確認する目的で AE 計測システムを用いたリアルタイム監視を実施した。本報では、プラグに対して最も荷重条件が厳しくなる作業トンネル充水時におけるプラグ周辺の AE 計測実績と岩盤健全性評価について報告する。

2. AE 計測システムの概要

AE 計測システムの監視対象は、岩盤内の微小破壊音（AE）である。AE(Acoustic Emission)は、「材料が変形したりき裂が発生したりする際に材料が内部に蓄えていたひずみエネルギーを弾性波として放出する現象」と定義されている。AE 計測は、この弾性波を材料の表面に設置した AE センサで検出し、信号処理を行う

ことにより材料の破壊過程を評価するものであり、岩盤力学の分野では、地下発電所などの大規模岩盤空洞掘削時における空洞安定性評価に用いられ、その有用性が認められている¹⁾²⁾。表-1 に当サイトで用いた AE 計測システム仕様の一覧を示す。

表-1 AE 計測システムの仕様

形式	光式 AE センサ
周波数帯域	10kHz～200kHz
サンプリングレート	1MHz
1 波形の記録時間	2msec
最小感度	100mV
測定最大範囲	5000mV

3. AE 計測方法

3.1. AE センサ配置

図-1 に頂設プラグおよび底設プラグにおける AE センサ配置図を示す。当サイトの大部分は新鮮な波方花崗岩からなるが、頂設プラグの上部から側部にかけて厚さ約 1cm の弱層（割れ目⑮）に沿って M 級の岩が存在し、この割れ目に着目してセンサを 1 点上部に配置した (PCAE1)。一方、頂設プラグの下方は Hv 級の岩に、プラグ軸方向の高角度の亀裂が卓越しており、この亀裂位置にセンサを 1 点配置した (PCAE2)。

また、底設プラグについては全体的に Hv 級であるが、プラグ軸方向の高角度の割れ目帯 f に着目して、プラグの受圧面上部・下部にセンサを各 1 点配置した (PTAE1, PTAE2)。

3.2. AE パラメータと岩盤状態の評価方法

AE による岩盤の評価には、原位置供試体の三軸圧縮試験時の AE 測定結果（図-2）³⁾、ならびに既往研究に基づく岩盤状態の評価指標⁴⁾を参考とした。

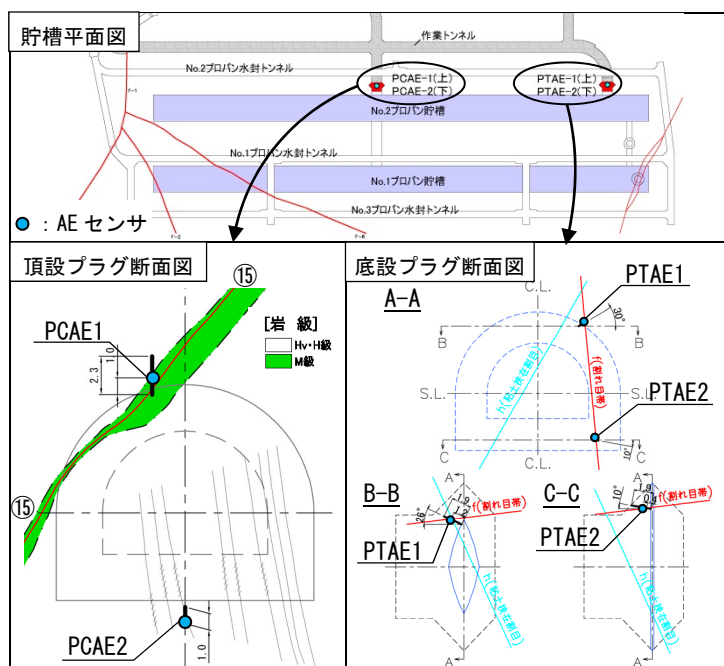


図-1 AE センサ配置図

キーワード：AE, 岩盤, 地下空洞, プラグ, 花崗岩

連絡先 〒794-0063 愛媛県今治市片山町 1-3-28-2F 波方基地プロパン貯槽工事作業所 TEL 0898-55-8640

岩盤破壊が近づくと、AE 発生数は急増し、周波数は低下傾向を示し、振幅は増加（ m 値は低下）することが予想される。ただし、AE の波形パラメータ（周波数、振幅など）は、岩盤の破壊に関する情報を含んでいるとされているが、同じ発生要因をもつ AE であっても、これらの AE のパラメータには必ずばらつきが存在する。よって、波形パラメータによって岩盤の状態を評価するには、少数の AE の波形パラメータからではなく、ある程度まとまった量の平均値を用いる必要がある。以上を踏まえて、今回の評価では、基本的に 1 時間あたり 100 個以上の AE が発生した場合に、周波数および振幅（ m 値）の変化に着目することとした。

4. 計測結果

作業トンネル充水期間中、各プラグが受ける最大荷重は頂設プラグで 1.61Mpa、底設プラグで 1.84MPa である（図-3）。図-4 にこの期間における頂設プラグおよび底設プラグ周辺の AE 発生数、重心周波数、最大振幅を示す。頂設プラグ上部 PCAE1 で比較的 AE 発生数が多いのは、岩級が相対的に低く、き裂の進展あるいは既存き裂の閉合などが顕著であったためと考えられる。また、AE 発生数のピークがいずれの計器も 7/30～8/1 頃に表れているが、この期間において水位上昇速度が最大となっており、AE 発生数と荷重載荷速度との相関性が示唆される。しかしながら、両プラグとも AE 発生数は時間あたり 100 個を下回っており、周波数の連続的な低下傾向および振幅の増加傾向が見られなかった（ m 値は評価対象外）ことから、プラグ周辺岩盤は健全であったといえる。

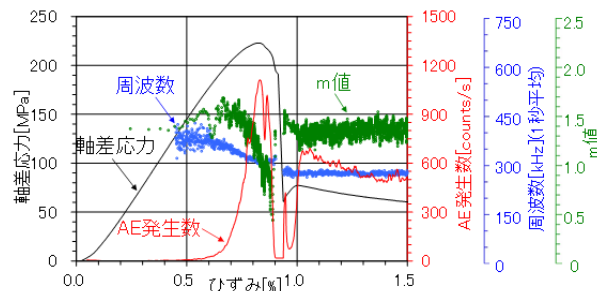


図-2 原位置供試体の三軸 AE 試験結果例

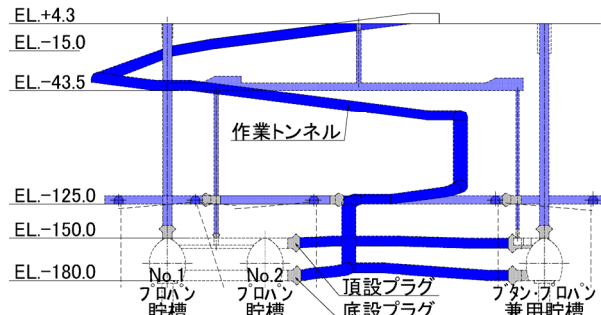


図-3 作業トンネル充水状況(最高水位)

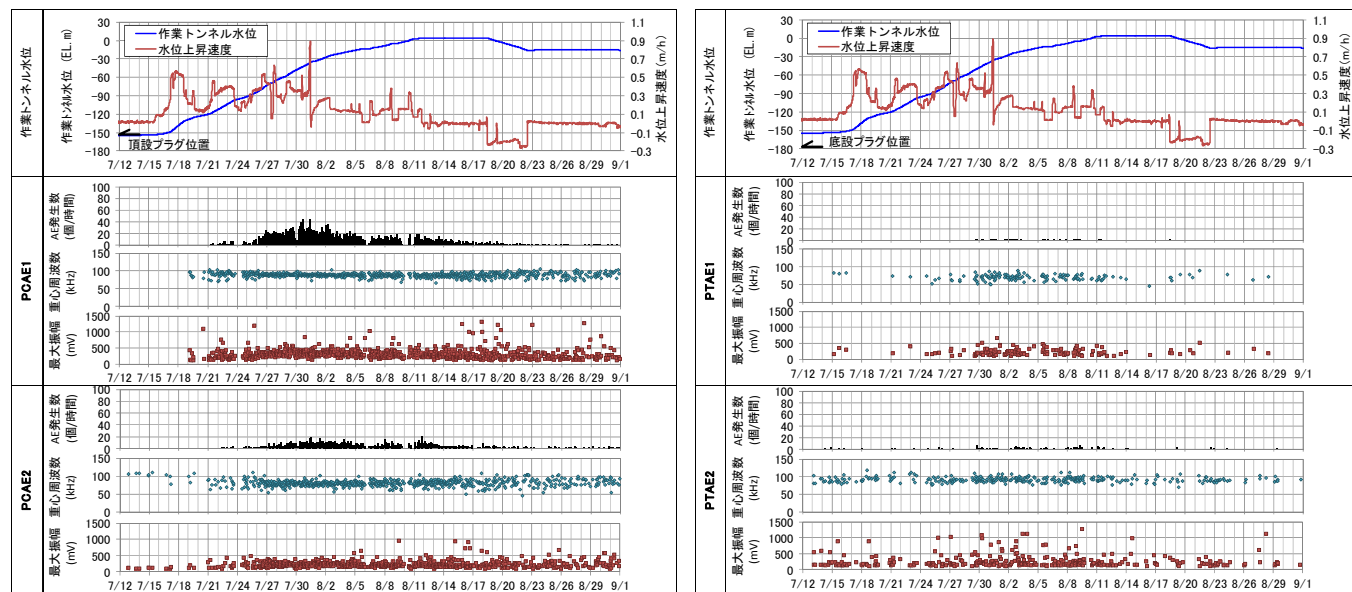


図-4 作業トンネル充水時の AE 発生状況（左：頂設プラグ 右：底設プラグ）

5. おわりに

プラグに対して最も厳しい荷重状態となる作業トンネル充水時において、AE 計測システムを活用したリアルタイム監視を実施した。AE 発生数は地質条件の違いにより差異が認められたものの、全体的には少なく、プラグ周辺岩盤の健全性およびプラグの耐圧性が確認された。

参考文献

- 1) 南部茂義ほか；“地下空洞掘削時の安定監視のための AE 自動計測システムの開発”，第 30 回岩盤力学シンポジウム講演論文集，pp. 228-232，2000。
- 2) 前島俊雄ほか；“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。
- 3) 谷 卓也ほか；“花崗岩供試体三軸圧縮試験時の AE 測定”，土木学会第 62 回年次学術講演会，pp. 389-390，2007。
- 4) 青木謙治ほか；“岩石の破壊過程における AE パラメータの挙動に関する研究”，会誌「材料」，Vol. 55, No. 5, pp. 477-482, May 2006。