

一軸載荷応力状態での大型モルタル供試体の水圧破碎試験

京都大学農学研究科 正会員○小林 晃, 正会員 青山咸康, 学生会員 塚田泰博, 学生会員 山本清仁

1. はじめに

放射性廃棄物処分施設は、大深度に処分孔を掘削する。掘削により接線方向の応力は増加し、半径方向応力は減少するために、孔壁部においては接線方向の一軸圧縮に近い状態となる。そして、この応力状態のまま、水位が回復し 5MPa（深度 500m として）の水圧が作用する。この拘束圧が低い状態での高水圧の作用は岩盤の水圧破碎を引き起こす可能性がある。ここでは、異方に作用する地圧と岩盤亀裂中の水圧が岩盤破壊に与える影響を解析するためのモデルの検証として行った大型モルタル供試体を用いた水圧破碎試験の結果を報告する。

表 1 供試体の物性値

q_u (MPa)	破壊軸ひずみ(μ)	E_{50} (GPa)	ν_{50}
25.2	2130	20.4	0.207

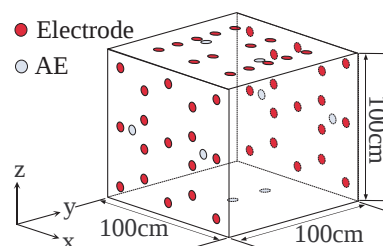


図 1 電極と AE センサーの配置図

2. 供試体

岩盤を模擬した 1x1x1m の水セメント比 50% のモルタル供試体を作成した。一軸圧縮試験により求めたモルタルの物性値を表 1 に示す。試験中の比抵抗分布の変化を計測するため、供試体にアンカーボルトで 48 個の電極を設置した。また、AE 震源を計測するために 8 個の AE センサーを設置した。それらの位置を図 1 に示す。そして、岩盤の亀裂を模擬した、図 2 のような X 字状の亀裂を供試体を作成した。亀裂作成は図 3 に示す治具を打設時に埋没させて、モルタルの硬化直前に 20cm 引き上げて作成した。図 4 に作成された亀裂を示す。引き上げた亀裂作成工具は供試体に残したままモルタルを硬化させて、その先端を水理破碎試験の注入口とした。

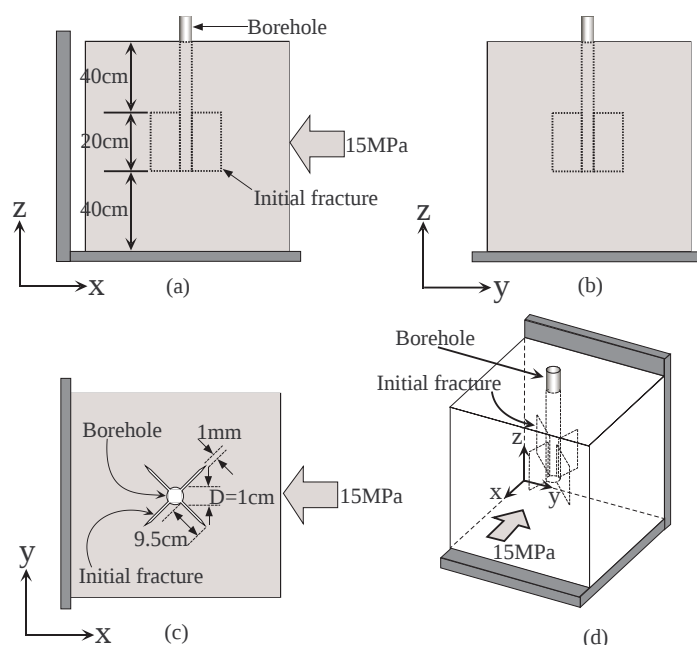


図 2 供試体の概要

3. 水理破碎試験

地下深部 500~1000m を想定して 15MPa で一軸圧縮されている供試体に、載荷速度 5.43kPa/sec. で、注入口より水圧を載荷した。水圧は図 2 の亀裂部分（深度 40~60cm の部分）にゴムスリーブを設置してその中に作用させて、ボアホールのみを載荷している。そして注入圧の経時変化を水圧計で計測した。また、AE が観測された時刻とその最大振幅を記録した。したがって、経過時刻と注入圧、累積 AE カウント、AE カウントレートの関係が得られる。比抵抗計測は試験の前後において供試体の 2 つのアンカーボルトから電流を流して、2 つのボルトで電圧を測定して、125 通りの電圧値を得た。以上の計測結果を用いて、AE 震源分布と比抵抗分布を推定した。ここで、AE の震源は AE ヒット時刻とセンサーの位置より、最小二乗法により求めた¹⁾。また、ランダムに分布させた比抵抗分布を用いて有限要素法により電流の流れの解析を行い電圧の解析値を求めて、計算電圧値と実測電圧値の二乗差の逆数を算出した。

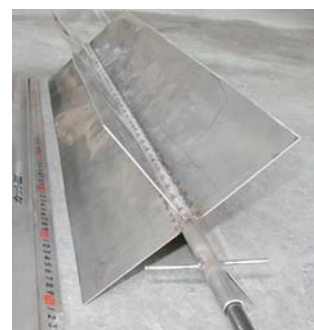


図 3 亀裂作成治具

キーワード 亀裂性岩盤, 水理破碎, モルタル, AE, 比抵抗

連絡先 〒606-8502 京都市左京区北白川追分町 京都大学農学部地域環境科学専攻 TEL 075-753-6152

これを適応度として、GA（遺伝的アルゴリズム）を用いて、この適応度を高める探索を行うことにより最適分布を探索して、比抵抗分布を求めた²⁾。

4. 試験結果

図-4 に底から高さ 45cm における供試体の切断面の状況写真を示す。同図右から載荷しており、3つの亀裂先端からクラックが生じていることがわかる。また、経過時刻と注入圧、累積 AE カウント、AE カウントレートの関係を図-5 に示す。水理破碎発生時刻付近の AE 震源の位置を図-6 に示す。ここで、円の大きさは、AE 震源を計測したセンサーの最大振幅の大きさを示す。また、水压破碎前後で $z=0.15\sim0.45\text{m}$ の断面に比抵抗に変化があった。その断面の比抵抗の増加率分布を図-7 に示す。

図-5(a)より、648 秒付近で注入圧が 3.48MPa を記録した後、注入圧は急激に減少している。また、この付近（550～660 秒）での累積 AE カウントと AE カウントレートが急激に増加している。図-6(a)(b)を見ると、震源は $z=0.5\text{m}$ より下に分布して、作成した亀裂付近に震源があることが判る。また、図-6(c)より、震源は左上から右下にかけて直線状に分布していて、その方向に亀裂が伸びていると思われる。一方、図-7 より、亀裂が閉じて比抵抗が減少したと思われる水色の部分が、中心から右下に分布していることが判る。さらに、試験後に切断した $z=0.45\text{m}$ 断面の亀裂（図-4）より、左右上下と右下に鮮明な亀裂が確認された。以上より、水压破碎により左上から右下方向の亀裂発生メカニズムと右上部のそれは若干異なることが予想される。

5. まとめ

15MPa で一軸圧縮された大型モルタル供試体を用いて水压破碎試験を行い、異方に作用する地圧と岩盤亀裂中の水压が岩盤破壊に与える影響を調べた。上述した測定結果については、今後数値解析により検証して行く予定である。

参考文献

- 1) 石田毅: 岩盤破壊音の科学, pp80-86, 1999, 近未来社
- 2) 伊庭齊志: 遺伝的アルゴリズムの基礎, pp.8-27, 1994, オーム社

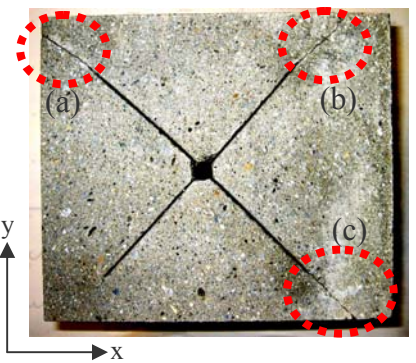


図-4 亀裂部位の切断面 ($Z=0.45\text{m}$)

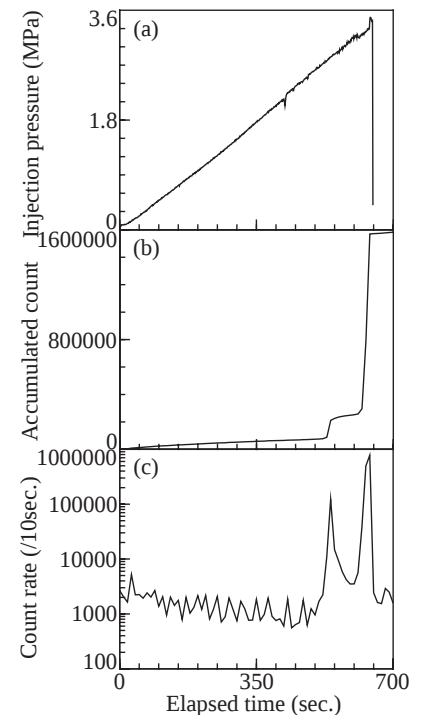


図-5 注入圧および AE カウントと経過時刻の関係

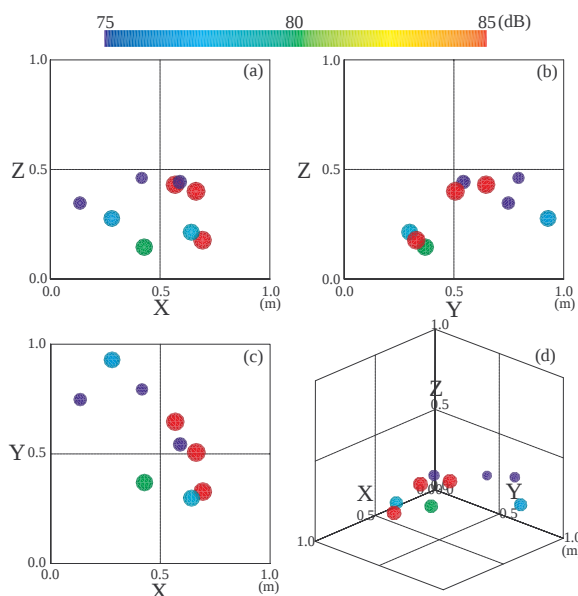


図-6 経過時刻 550～660 秒での AE 震源

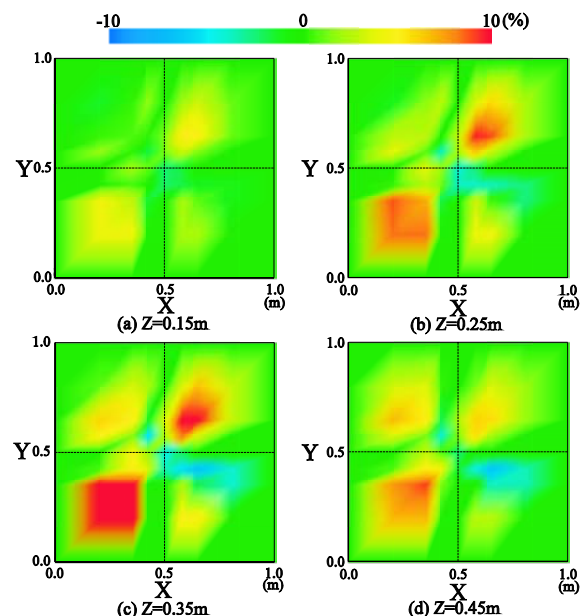


図-7 比抵抗の増加率分布