

高圧下の硬岩地山での立坑掘削による亀裂進展問題への粒状体解析手法の適用 ～大深度立坑掘削への適用～

中電技術コンサルタント(株) 正会員 ○石川 昌義

山口大学大学院 学生会員 李 茜

山口大学大学院 学生会員 米田 直広

山口大学大学院 正会員 船津 貴弘

山口大学大学院 正会員 清水 則一

1. はじめに

近年, 将来に向けて高レベル放射性廃棄物の地層処分施設など, 地下深部に岩盤構造物が計画されている. しかし, 大深度における岩盤の力学特性や地質条件は不確定な要素が多く, 設計時に検討すべき項目が多数存在する. その一つに地山の応力状態があげられる. 地下 1000m もの深度における応力は, 地上付近のものに比べ非常に大きな値を取ることが予想される. このような高応力下においては硬岩のように強度が高い岩盤であっても岩盤の掘削の影響によって亀裂が発生し, その亀裂の進展や発生した亀裂と断層などの不連続面との相互作用により岩盤構造物の破壊が懸念される. そのため, 高応力下における硬岩の亀裂進展挙動の予測は極めて重要である. そのために数値解析の手法を用いることは有効であると考えられるが, 通常よく使用される連続体解析に基づく手法では, 亀裂の進展挙動などの不連続体的挙動を表現することは難しい. そこで, 不連続体的な挙動を再現することができる個別要素法に基づく粒状体解析手法に着目し, その岩盤の亀裂進展問題への適応性の検討を行ってきた¹⁾. 本報告では, 大深度の硬岩地山における立坑の掘削を想定して数値解析を行う. なお, 粒状体解析には二次元粒状体解析コード PFC2D²⁾を用いる.

2. 解析条件

解析のモデルを図-1 に示す. 縦, 横ともに 60m の正方形の領域に粒子を配置し解析領域とする. この解析領域を立坑周辺から R_1 , R_2 , R_3 と 3 つに分けそれぞれの領域に異なる直径の粒子を配置する. 立坑は直径 7.3m, 掘削長を 15m とし, 3m 毎の段階掘削とした. 境界応力は地下 1000m 程度を想定し, 鉛直方向を最大主応力とし 30MPa, 水平方向を最小主応力とし 10MPa とする. その際重力は作用させない. 想定する地山の物性を土岐花崗岩³⁾の力学特性を考慮して表-1 に示す値に決定した. また, その物性に相当する入力パラメータを表-2 に示す. ここで粒子間のばね強度 σ_c および τ_c を立坑周辺の領域(R_1)では一定割合で低下させている.

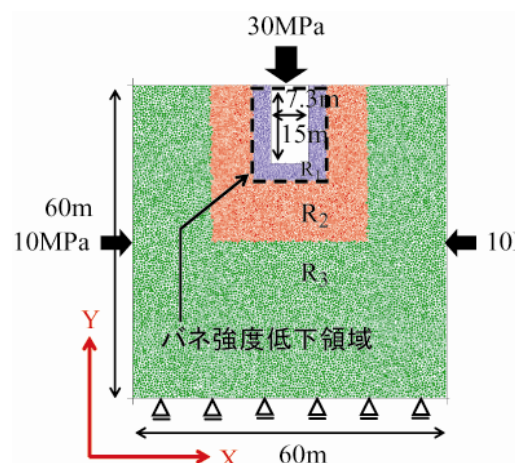


図-1 解析モデル

表-1 想定地山物性値

弾性係数	52GPa
ポアソン比	0.26
粘着力	20MPa
内部摩擦角	50 度
一軸圧縮強度	166MPa
引張強度	8MPa

表-2 入力パラメータ

R_{min}	50, 100, 200mm
R_{max}/R_{min}	1.66
ρ	2630kg/m ³
E_c	48GPa
k_n/k_s	2.1
μ	0.5
$\bar{E}_c$	48GPa
$\bar{k}_n/\bar{k}_s$	2.1
$\bar{\lambda}$	1
$\bar{\sigma}_c$ (mean)	140MPa
$\bar{\sigma}_c$ (std. dev.)	40MPa
$\bar{\tau}_c$ (mean)	140MPa
$\bar{\tau}_c$ (std. dev.)	40MPa

キーワード 高圧下, 硬岩, 立坑, 粒状体解析手法, 亀裂進展

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学工学部社会建設工学科 TEL: 0836-85-9334

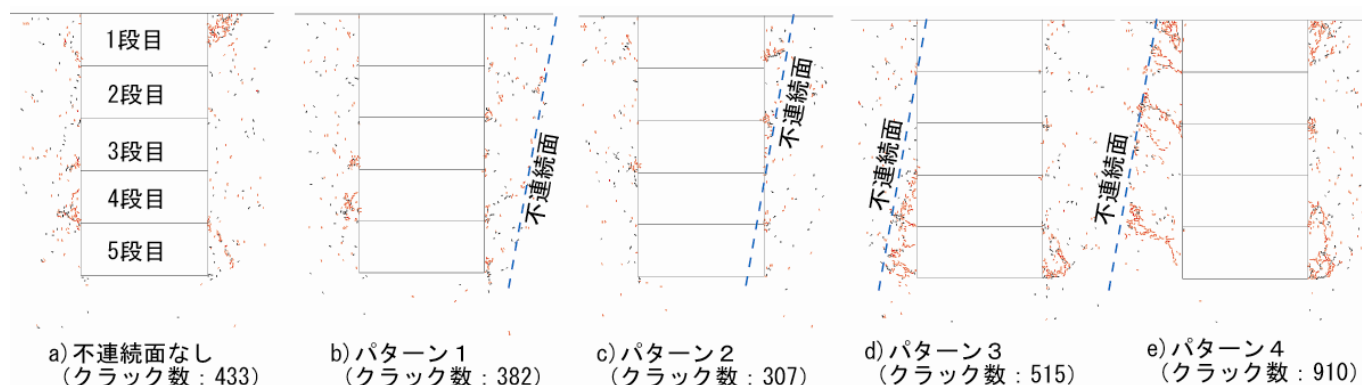


図-2 不連続面位置の異なる場合の亀裂分布図

これは立坑の掘削による応力場の変化などによる岩盤の損傷や応力腐食による岩盤の強度低下を考慮するためである。また、立坑掘削現場で想定される断層の存在を考慮し、いくつかの解析ではモデル内に不連続面を配置させた。

3. 解析結果

図-2 は不連続面の位置を変化させた場合の立坑周辺の亀裂の発生状況を示している。同図からパターン 1~2 の場合には不

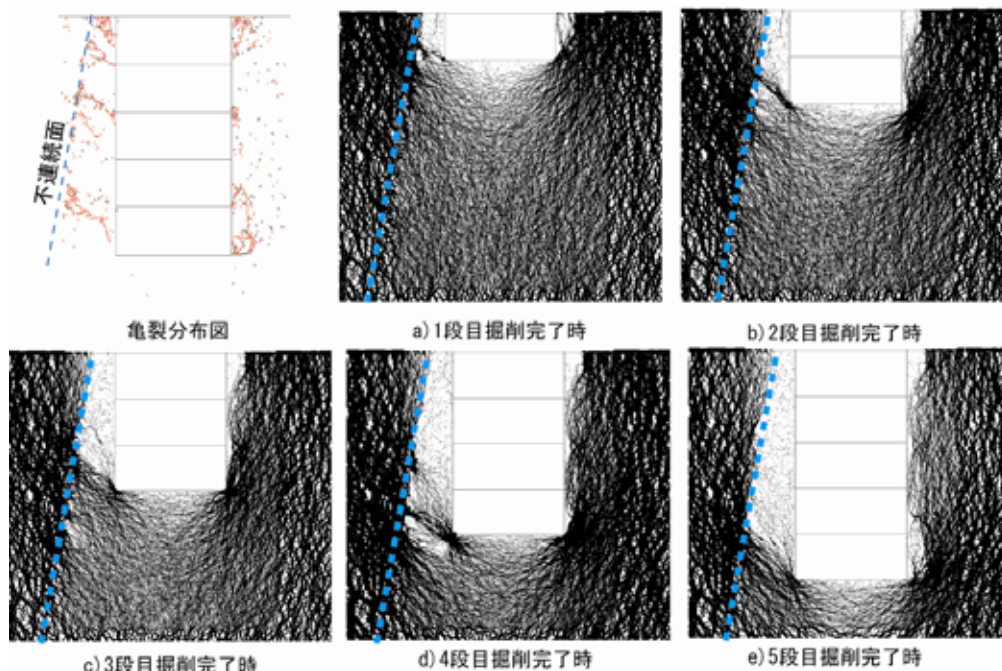


図-3 段階掘削ごとの接触力分布図(図-2のパターン 4 に相当)

連続面がない場合と比べて亀裂の発生数が少ないことがわかる。一方、パターン 3 および 4 の場合には、亀裂の発生がみられる。特に坑底の角から不連続面へと亀裂が進展しキープロックを形成していることがわかる。そこでパターン 4 に着目し、掘削の各段階の粒子間の接触分布を見ると図-3 のようになる。接触力の大きさは線の太さで示しており、接触力の大きい部分は色が濃く、小さい部分は色が薄くなっている。同図から各掘削段階いずれにおいても坑底の角の接触力が大きく応力集中が生じていることが分かる。また、不連続面が存在する側の角から不連続面にかけて接触力の大きいラインが形成され、そのラインに沿って亀裂が生じている。

4. まとめ

本研究では粒状体解析手法を用いた数値解析を行った。その結果、高圧下の硬岩地山においては立坑の掘削により岩盤に亀裂が生じることがわかった。また、その亀裂の進展挙動は不連続面の存在や立坑との位置関係により影響を受け、立坑の安定性に影響を及ぼす可能性がある。

参考文献

- 1) 船津ら:硬岩地山における高抜け発生に関する数値解析による検討,土木学会全国大会,第 61 回年次学術講演会,2006 年 9 月
- 2) Itasca Consulting Group, Inc.:PFC2D(ver3.0),2002
- 3) 仲間ら:超深地層研究所計画(第 1 段階)における岩盤力学調査研究,サイクル機構技報,26,pp.77-82,2005