

高応力下の硬岩地山における立坑掘削シミュレーション

(独)産業技術総合研究所 正会員 ○船津 貴弘
 山口大学大学院 学生会員 李 茜, 米田 直広
 山口大学大学院 正会員 清水 則一

1. 目的

近年, 将来に向けて高レベル放射性廃棄物の地層処分場など, 地下数百メートル以深の地下深部に岩盤構造物の建設が計画されている。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。例えば, 地山の応力状態や対象とする地山の断層などを含む地質の条件があげられる。通常, 地圧は深度に比例して増大する。したがって, 深部における応力は非常に大きな値を取ることが予想される。そして, このような高応力下においては硬岩のような良好な地山においても立坑掘削の影響によって発生した亀裂による岩盤構造物の破壊が懸念される。また, 断層が広く分布しているわが国においては, この断層の存在も検討すべき項目となる。他方わが国において地下数百メートルから 1000 メートルを対象とした岩盤構造物の建設の事例は多くないが, 過去の立坑では高角度で立坑と交差する断層・破碎帯等の脚部を掘削することにより発生するいわゆる「高抜け現象」と呼ばれる坑壁の崩壊現象が発生している。そこで, 本研究では硬岩地山を対象とし立坑掘削による周辺地山の影響を検討するために, 亀裂の進展など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を用いて数値解析を行なった。なお粒状体解析には PFC3D¹⁾を用いた。

2. 解析モデル

解析は深度約 1000m の硬岩地山に立坑を掘削することを想定した。解析モデルを図-1 に示す。亀裂は立坑の左右対称に発生すると仮定し 1/2 モデルで解析した。そのため, 固定条件は立坑側の XY 平面の変位を固定した。縦 60m, 横 60m, 奥行き 30m と設定し, そして 3 つの領域に分け, それぞれの領域に違う最小半径の粒子を配置し, 立坑周辺から R1, R2(=R1×2), R3(=R1×4) とした。その後, 粒子半径の 3.5 倍をクランプ半径と設定し, 粒子を結合させクランプモデルを作成した。また, 立坑半径は 3.65m とし, 3m 間隔の段階掘削を行い, 深さ 15m まで掘削を行った。境界応力は深度 1000m 程度を想定し, 鉛直方向を最大主応力 30MPa とし, 奥行き方向を中間主応力 20MPa とし, 水平方向を最小主応力 10MPa とした。重力は作用させていない。また, 想定する地山は土岐花崗岩でその力学定数の実験結果と解析結果を表-1 に示す。解析の終了条件はアンバランスフォースの平均が平均作用力の 1/100000 に達する時とした。不連続面の配置は不連続面上のクランプを解除することにより作成した。

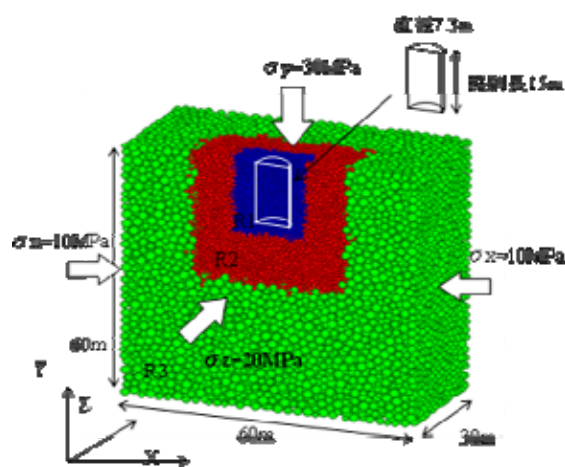


図-1 解析モデル

表-1 瑞浪花崗岩の物性値と解析結果との比較^{2),3)}

	σ_c (MPa)	σ_t (MPa)	E_{50} (GPa)	ν	K_c (MPa ^{0.5})
実験結果	166	9	52	0.26	1.81
解析結果	166	11	52	0.31	1.92

キーワード 硬岩, 個別要素法, 亀裂, 立坑, クランプ, 不連続面, 高応力

連絡先 〒305-8567 茨城県つくば市東1-1-1 中央第7 (独)産業技術総合研究所 TEL 029-861-3700

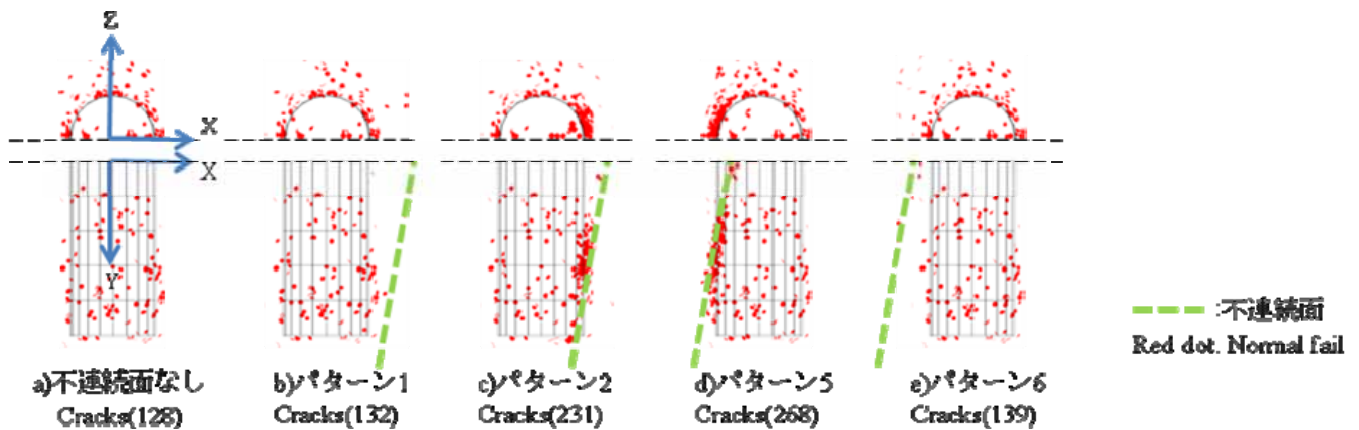


図 - 2 不連続面の有無および位置が異なる場合の亀裂発生状況

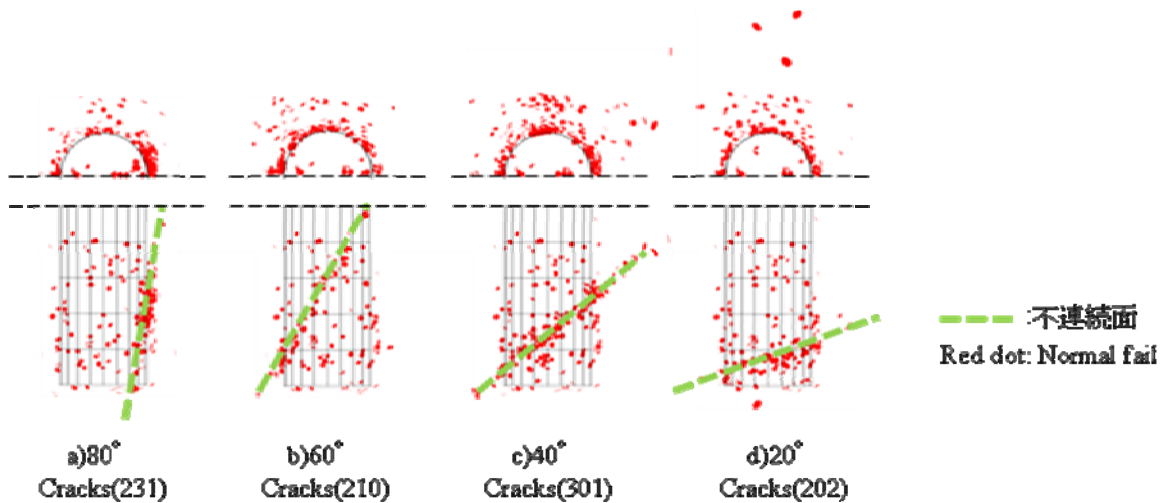


図 - 3 不連続面の傾斜角度が異なる場合の亀裂の発生状況

3. 解析結果

図-2 は不連続面の有無および位置が異なる場合に発生した亀裂の位置を示している。a)は不連続面なしの場合であり、b)～e)は不連続面の傾斜を 80° で固定し、不連続面の位置を変化させた。同図から、不連続面がある場合と不連続面がない場合を比べると、不連続面がある場合に不連続面の影響により亀裂が多く発生していることと、亀裂が集中していることが分かった。特に c)と d)の場合に、立坑が不連続面を通過するときに、坑壁と不連続面に囲まれている領域に亀裂が集中して形成されることが分かった。一方で b)や e)では不連続面がない場合と比較して顕著な相違は認められなかった。図-3 は不連続面の傾斜角度が違う場合の立坑周辺に発生した亀裂を示す。いずれの場合でも、亀裂は不連続面に沿って発生していることが分かった。ただし、亀裂の集中の度合いには違いがみられ傾斜角が 80° の時に坑壁と不連続面との間に亀裂の集中発生がみられるが 20° の場合には集中発生が見られなかった。

4. まとめ

本研究では高応力下の硬岩地山における立坑掘削および不連続面が周辺岩盤の安定性へ及ぼす影響を検討するために個別要素法による解析を行った。その結果、1)不連続面の有無により亀裂の発生状況が異なることが確認された。2)不連続面と立坑が交差するか離れているかにより不連続面の亀裂影響は異なることがわかった。3)不連続面の角度により亀裂の集中的な発生に相違が生じることがわかった。

参考文献

- 1)Itasca Consulting Group,inc.: PFC3D(ver.3.1), 2005.
- 2)中間茂雄, 山田淳夫, 青木俊朗, 佐藤稔紀: サイクル機構技報, No.26, pp.77-86, 2005.
- 3)T.Backers: Doctral dissertation, University of Potsdam, 19p, 2004.