

露天掘りカーボナタイト鉱山における斜面の安定性に関する研究

岩盤・開発機械システム工学研究室 学部4年 坂本友希

1. はじめに

カーボナタイト鉱床は、近年世界的に需要が高まっているレアメタルを多く含む鉱床として知られている。本研究対象とするアフリカ・マラウイ共和国の Songwe Hill では、カーボナタイトが多く賦存していることが確認されており、露天採掘法を用いた開発計画が検討されている。しかし、ボーリングコアの調査結果から、カーボナタイトの周辺部にはき裂が卓越したフェナイトが存在し、その境界部でき裂が発達していることが明らかとなっている。このき裂発達部（以下、き裂卓越層）は、露天採掘に伴って形成される斜面の安定性に影響をおよぼすことが予想され、安全な採掘を行うためにはき裂卓越層の影響を考慮した斜面の安定設計が必要不可欠であると考えられる。

そこで本研究では、現場で採取したボーリングコアを用いてき裂性状の調査および室内試験を行い、研究対象区域の岩盤のき裂状態および岩石の各種力学的特性の把握を行った。さらに、室内実験から得られた岩石の各種力学的特性値を用いて数値解析を行い、斜面の安定設計について種々検討した。

2. 数値解析

本研究では、二次元有限要素解析コード Phase² Ver6.0 を用いて斜面の安定性解析を行った。岩盤は弾塑性体とし、その破壊は Mohr-Coulomb の破壊基準に従うとした。解析モデルの一例を図1に、各種入力物性値を表1にそれぞれ示す。

表1 入力物性値

物性値	カーボナタイト	フェナイト	下盤	フェナイト (き裂卓越層)
単位体積重量 (MN/m ³)	0.026	0.024	0.026	0.024
変形係数 (GPa)	25.7	8.9	45.5	2.8
ポアソン比	0.28	0.29	0.29	0.29
引張強度 (MPa)	4.1	5.9	8.6	1.0
内部摩擦角 (°)	39	27.4	35	17
粘着力 (MPa)	6.3	5.2	14.9	0.5

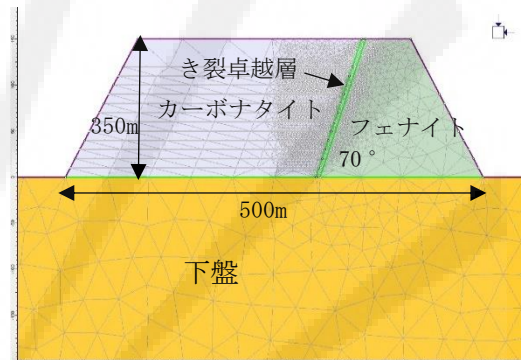


図1 解析モデルの一例

3. 解析結果および考察

まず、カーボナタイトとフェナイトの境界に沿って斜面を形成した場合の安定性解析結果から、採掘の進行に伴い、カーボナタイトとフェナイトとの境界部に存在するき裂卓越層に破壊が発生し、斜面のすべりの発生が懸念されることが明らかとなった。そこで、き裂が少なく岩石強度の大きいカーボナタイトの一部をカバーロックとして斜面に沿って残すことによる斜面の安定性改善効果について検討した。

図2、3に解析結果の一例を示す。図2より、き裂卓越層に沿ってカバーロックを残すことで斜面の安定性は改善されるが、採掘深度の増大に伴いき裂卓越層およびカバーロック自体の安定性が低下し、斜面のすべりの発生が懸念されることがわかる。一方、図3に示すように採掘深度の増大に伴い、カバーロックの厚さを増大することで、き裂卓越層およびカバーロックの安定性が改善され安全な採掘が可能になると考えられる。

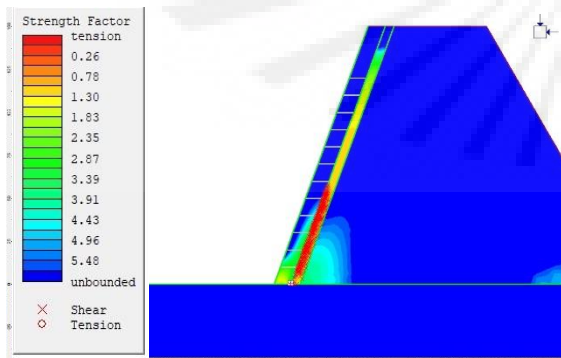


図2 き裂卓越層に沿って厚さ 10m のカバーロックを残した場合の安全率

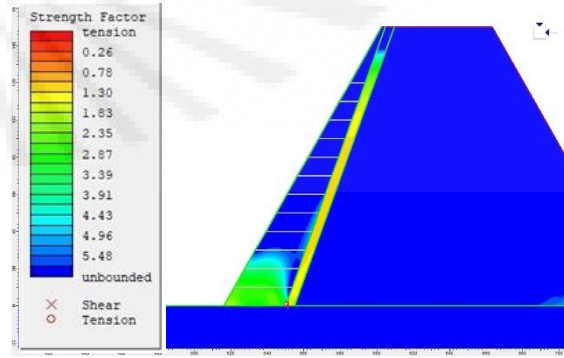


図3 採掘深度の増大に伴いカバーロックの厚さを変化した場合の安全率分布