

# Cibaliung 金鉱山におけるシルピラーおよびロックボルトを用いた

## 採掘空洞の支保設計に関する研究

岩盤・開発機械システム工学研究室 学部4年 坂本 聖一

### 1. はじめに

インドネシアのジャワ島西端に位置する Cibaliung 金鉱山では、鉱区が自然公園に指定されていることから上向き充填式採掘法により採掘が行われている。本鉱山では、採掘空洞の安定性を維持するため、隣接する採掘区画間に保安鉱柱として鉱床の一部をシルピラーとして残しながら採掘が行われており、採掘空洞における支保には主にロックボルトと吹付けコンクリートが用いられている。しかし、本鉱山ではシルピラーの設計やロックボルトの打設方法に関して十分な検討がなされておらず、特に亀裂が卓越している箇所では採掘に伴う天盤の崩壊などの問題が発生している。そこで本研究では、Cibaliung 金鉱山におけるシルピラーおよびロックボルトを用いた採掘空洞の支保設計について検討するため、2次元有限要素解析ソフト Phase2 を用いて採掘空洞周辺の応力解析を行った。

### 2. 数値解析概要

図1に示すように Cibaliung 金鉱山の採掘切羽のモデルを作成し、岩盤および充填材の物性値は表1に示す現場測定により得られた力学的特性値を用いた。隣接する採掘区画の間にはシルピラーを残し、採掘空洞にはロックボルトと吹付けコンクリートを図に示すように打設した。破壊条件には Mohr-Coulomb の破壊基準を適用した。本解析では、現在の採掘深度である深度 100m および今後開発予定の深度 150 m において、岩盤の亀裂状態、シルピラーの厚さ、ロックボルトの長さ、打設角度、打設数を変化させて解析を行い、岩盤の亀裂状態に基づく最適なシルピラー厚さおよびロックボルトの打設パターンを検討した。なお、岩盤の亀裂状態の指標として RQD を用いて定量的評価を試みた。

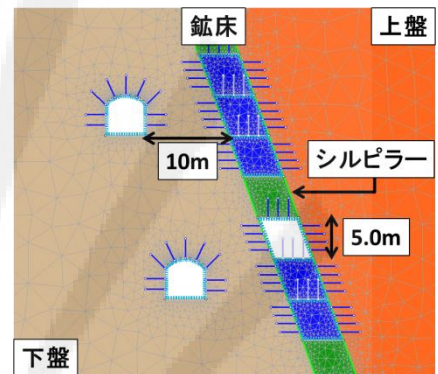


図1. 採掘坑道周辺のモデル

### 3. 解析結果および考察

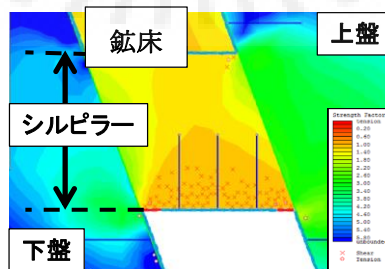
表2に、本鉱山で適用されている現規格の打設方法でロックボルトを打設した場合の、深度 100 m および深度 150 m における岩盤の亀裂状態と最適なシルピラー厚さの関係を示す。この結果から、深度 100 m で岩盤の RQD が 60 以上の場合には、シルピラーの厚さを現規格の 5.0 m から 2.5 m まで減少させても採掘空洞の安定性を維持できることが明らかとなり、シルピラーの厚さを小さくすることで採掘実収率の増大が期待される。一方、深度 100 m で RQD が 40 の場合には、シルピラーの厚さを現規格の 5.0 m から 7.5 m まで増大しなければならず、採掘実収率の減少が懸念される。そこで、深度 100 m、RQD が 40 の場合において、ロックボルトの打設方法を変化させて解析を行い、検討を加えた。その結果、図2に示すようにロックボルトの長さを 2.4 m から 5.0 m、採掘空洞天盤におけるロックボルトの打設本数を3本から7本に変更することで、現規格の厚さ 5.0 m のシルピラーでも採掘空洞の維持が可能であることが明らかとなった。しかし、深度 150 m では、RQD が 40 の場合、シルピラーの厚さおよびロックボルトの打設方法を変更しても採掘空洞の安定性に十分な改善効果が認められず、剛性柱などの追加支保の適用が必要であることが明らかとなった。

表1. 入力物性値

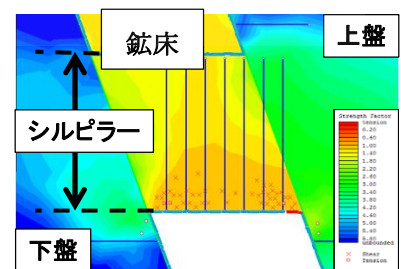
物性値	鉱床
単位体積重量(MN/m <sup>3</sup> )	0.0265
ヤング率(MPa)	54,000
ポアソン比(-)	0.20
引張強度(MPa)	7.40
内部摩擦角(deg.)	20.0
粘着力(MPa)	34.0

表2. 最適ピラー厚さ

RQD	シルピラーの厚さ	
	深度 100m	深度 150m
100	2.5 m	2.5 m
80	2.5 m	2.5 m
60	2.5 m	5.0 m
40	7.5 m	—



(a) ボルト長さ: 2.4 m、打設角度: 90°  
天盤におけるボルトの打設本数: 3 本



(b) ボルト長さ: 5.0 m、打設角度: 90°  
天盤におけるボルトの打設本数: 7 本

図2. ロックボルトの打設方法の変更による採掘空洞の安定性改善効果