



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Elastic deformation of rock slopes due to excavation in open pit mines [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Najib
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第12032号
Issue Date	2015-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/59999
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Najib_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 Najib

審査担当者 主 査 准教授 児玉 淳一
 副 査 教 授 藤井 義明
 副 査 教 授 川崎 了
 副 査 教 授 石川 達也

学位論文題名

Elastic deformation of rock slopes due to excavation in open pit mines
(掘削に伴う露天掘り鉱山の残壁の弾性変形の解析)

残壁の安定性の評価のために、大規模な露天掘り鉱山では変位・変形のモニタリングが実施されているが、残壁は、破壊現象などに起因する非弾性的な変形に加え、採掘に伴う初期応力の解放による弾性的な変形も示すため、その安定性の評価には両者を分離することが必要となる。既往の研究により、採掘に伴う残壁の弾性変形の推定には数値解析が有効であることが示されており、比較的平坦な地表を掘り下げるいわゆるピット型の鉱山における残壁の弾性変形の特徴に関しては初期応力の影響など、いくつかのことが明らかにされているが、山腹が採掘されるタイプの鉱山に形成される残壁の弾性変形の特徴は不明である。周知のように、日本の露天掘り石灰石鉱山では、石灰石の鉱床が傾斜した基盤岩に挟まれた状態で賦存することが多々あり、また、基盤岩の風化を抑制するためにカバーロックと呼ばれる石灰岩の薄層を残して採掘が行われることが多い。したがって、残壁の変形挙動を完全に理解するには、このような地質構造やカバーロックの影響についても解明することが重要である。本研究は、石灰岩と基盤岩からなる山腹採掘型とピット型の鉱山の2次元モデルを用いて、採掘に伴う残壁の弾性的な変形挙動を有限要素法により解析し、変位・変形の水平成分に着目して系統的な分析を行ったものである。

まず、採掘による弾性変形のメカニズムを明らかにするために、岩盤を均質とみなして山腹採掘型の鉱山で形成される残壁の変形挙動に与えるポアソン比と斜面傾斜角の影響について解析している。そして、このタイプの残壁は基本的に伸長挙動を示すことを明らかにするとともに、採掘により水平応力の解放と点荷重効果と類似した効果の両方が発生するが、ポアソン比が大きいと相対的に前者が支配的となるため残壁の表面は前進し、ポアソン比が小さいと相対的に後者の影響が増すために残壁表面は後退することを見出している。さらに、残壁の傾斜角が小さくなると、撓み変形により生じていた水平方向の圧縮応力の解放により、残壁は相対的に前進することなどを明らかにするとともに、山腹の採掘によりモーメントが発生し、鉱山全体がせん断変形を示すことも見出している。

次に、カバーロックを残しながら傾斜した基盤岩上の石灰岩を採掘するモデルを作成し、残壁の変形挙動に与える石灰岩と基盤岩のヤング率の違いならびにカバーロック厚さの影響について解析している。そして、山腹採掘型の鉱山では、基盤岩のヤング率が石灰岩のヤング率よりも大きいときの残壁の挙動は両岩盤のヤング率が等しい均質モデルのときの挙動とは異なることを見出し、採掘により残壁表面は後退するとともに残壁内部では収縮変形が卓越することを明らかにしている。一

方、ピット型の鉱山では、基盤岩のヤング率が石灰岩のヤング率より小さいときに均質岩盤モデルとは異なる挙動を示すことを見出し、基盤岩中に形成される残壁では伸長変形が支配的になることを明らかにしている。さらに、山腹採掘型とピット型の鉱山ともに、カバーロックの厚さが増すほど残壁の変形量は小さくなるものの、カバーロックの存在は残壁の変形モードに影響を与えないことを明らかにしている。

続いて、解析で得られた弾性変形の特徴を総合的に整理して、変位・変形のモニタリングから残壁の安定性を評価する方法について考察している。そして、ピット型の鉱山では、若干の例外を除き、残壁の伸長変形は不安定状態を意味していること、山腹採掘型の鉱山では、内部で伸長変形が観測されても表面が後退している間は残壁は安定している場合があることなどを指摘し、残壁の安定性の評価には残壁内部の変形の計測に加えて、残壁表面の変位計測も重要になると論じている。

最後に、粘板岩の上位にある石灰岩を採掘しているピット型の石灰石鉱山で計測された残壁の変形挙動を解釈するために、鉱山の幾何形状と地質構造の特徴を近似的に表現した 2 次元モデルを作成して弾性解析を実施している。そして、粘板岩のヤング率が石灰岩のヤング率よりも小さければ、計測結果はおおむね採掘による弾性的な変形として解釈できることを示し、変位・変形のモニタリング結果の理解には石灰岩と基盤岩のヤング率の違いについても十分に考慮する必要があることを指摘している。

これを要するに、著者は、露天掘鉱山における残壁の変形挙動に関して、採掘に起因する弾性変形の特徴とメカニズムを解明することに成功しており、また、弾性解析と変位・変形のモニタリングに基づき残壁の安定性を評価する有用な方法を提案するなど、岩盤工学に対して貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格があるものと認める。