



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Effects of Weak Rock Zones and Stone Wall on Mining-induced Deformation of Rock Slope at Mt. Buko [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	張, 誠; Zhang, Cheng
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第16357号
Issue Date	2025-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/95093
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Cheng_Zhang_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 Cheng Zhang

審査担当者 主 査 特任教授 児玉 淳一
 副 査 特任教授 藤井 義明
 副 査 教 授 川崎 了
 副 査 准教授 福田 大祐

学位論文題名

Effects of Weak Rock Zones and Stone Wall on Mining-induced Deformation of Rock Slope
at Mt. Buko

(武甲山の残壁の掘削変位に与える弱層の影響と盛石の効果)

武甲山の西側残壁では、原因不明の変位が観測され続けており、この変位を抑制するために、盛石が造成されている。かかる残壁の安全性を確保するには、変位のメカニズムを解明するとともに、盛石工の効果を解明することが急務である。武甲山には、鉛直向きの弱層 (VZ) と残壁の傾斜とほぼ平行な弱層 (PZ) が賦存しているが、残壁の西側では、これら 2 つの弱層が連結している。したがって、変位のメカニズムや盛石工の効果の解明には、残壁変位に与える弱層の連結性の影響を理解することが鍵になると考えられる。

以上の背景の下、本研究では、まず、地質構造、採掘状況、変位の計測結果の関連性に着目し、武甲山の残壁変位の特徴を分析した。次に、地質構造と採掘状況の特徴を再現した武甲山の数値モデルを製作し、残壁変位のメカニズムについて考察した。続いて、武甲山における盛石工の数値モデルを製作し、盛石の力学的効果とその適切な幾何形状を評価した。さらに、弱層の影響や盛石工の効果について理解を深めるために、弱層の傾斜角や連結性の影響について詳細な検討を行うとともに、盛石の高さや幅、造成時期の影響について分析した。各章の内容は以下の通りである。

1 章では、研究の背景と目的、独創性、意義について述べるとともに、関連する既往の研究について概説している。

2 章では、武甲山の地質構造、採掘状況、変位の観測システムについて概説したうえで、残壁の変位、弱層の連結性、採掘状況の間の関係性について分析している。そして、採掘レベルの低下により VZ が残壁表面に現れると、西側残壁の変位が加速し始めることを見出しており、残壁の変位のメカニズムの解明には、弱層と採掘の影響を十分に考慮する必要があることを指摘している。

3 章では、武甲山の弱層の特徴をモデル化した掘削解析を行い、次の結果を得ている。(1) 採掘により PZ に作用する垂直応力が低下するため、石灰岩と基盤岩の間の地質境界で順次破壊が起きる。(2) 地質境界の破壊により、地質境界に沿ったせん断抵抗が低下し、VZ

の背面に押し付け力が作用する。(3) 採掘レベルが低下し、VZ が残壁の表面に現れると、押し付け力に対する抵抗が低下し、VZ の前方の残壁では曲げ変形が起きる。(4) VZ 前方の残壁が弾性体である限り、圧縮力と抵抗力が釣り合い、残壁の変位は停止する。そして、上記のメカニズムから推定される残壁の変位は、計測結果と定性的に良く一致していることから、武甲山で観測されている変位は、上記のメカニズムで説明できることを指摘している。

4 章では、武甲山の盛石工をモデル化した数値シミュレーションにより、盛石の変位抑制効果について検討している。そして、盛石の密度と剛性は変位の抑制に大きな影響を与えることを明らかにし、盛石の力学的な効果は、VZ の手前の残壁の曲げ剛性の増加と PZ に作用する垂直応力の増加の 2 つで説明できることを指摘している。さらに、盛石工の高さや幅の影響に関する検討を行い、武甲山における適切な盛石工の幾何形状を提案している。

5 章では、残壁の安定性に与える弱層の影響と盛石工の効果に関する 2,3 の考察を行っている。そして、弱層が単独で存在する場合には、弱層の方位や傾斜角によらず、滑り変位は起きないこと、2 つの弱層が連結している場合には、滑り変位が起きる危険性があること、この滑り変位はカバーロック厚さの増加とともに小さくなることなどを見出している。また、採掘レベルが高い早期の段階において、盛石工を高く造成するほど変位の抑制効果があるが、抑制効果があまり変わらなくなる限界高さがある可能性を指摘し、限界高さの存在は盛石工の設計において重要な指針になることを主張している。

6 章は結論であり、本研究で得られた成果をまとめるとともに、今後の課題について述べている。

これを要するに、著者は、武甲山を対象に、採掘と弱層が残壁の変位に与える影響を明らかにしたうえで、長期間観測されている残壁変位の原因を究明するとともに、変位を抑制する適切な盛石工の高さと幅を提案しており、また、残壁の安定性に影響を与える弱層の特徴や、盛石工における限界高さの存在を見出すなど、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。