

氏名	菅原勝彦 すが わら かつ ひこ
学位の種類	工学博士
学位記番号	工博第352号
学位授与の日付	昭和49年1月24日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
研究科・専攻	工学研究科資源工学専攻
学位論文題目	山はね現象に関する研究
論文調査委員	(主査) 教授 平松良雄 教授 伊藤一郎 教授 港 種雄

論文内容の要旨

本論文は、岩盤の異常な破壊現象である山はねの機構に関して種々の角度から検討を加え、それらの結果から山はね対策についても言及したもので、緒論および結論のほか、7章からなっている。

第1章の緒論では、まず過去の山はねおよびガス突出の事例を紹介し、著者が本研究を行なった動機を述べ、ついで従来行なわれた研究と著者が行なった研究の経過とを述べている。

第2章では、最近わが国で起こった大規模な山はねの実例として、美唄炭鉱、別子鉱山および生野鉱山における山はねを、また大規模なガス突出の実例として歌志内炭鉱におけるガス突出をとり、詳細な調査を行なった結果を述べている。この調査により、山はねは発破と無関係に起こることが多いこと、とくに鉱柱の山はねは、周囲を採掘跡に囲まれた島状あるいは半島状の鉱柱に起こりやすいこと、ガス突出はほとんど発破のあとに起こることなどを明らかにしている。

第3章は、圧縮応力下の岩石の挙動に関する研究を述べたものである。まず、従来から行なわれている一軸圧縮試験における岩石試験片の衝撃的破壊の機構を、試験片のぜい性と試験機の剛性ととの相対関係から論じ、その結果、剛性の高い試験機を用いれば衝撃的破壊は起こり得ないであろうと推論している。ついで、著者は、剛性の高い試験機の設計・試作にあずかった経過を述べ、これを用いて種々の岩石の完全な応力-ひずみ関係を求め、上記の推論を実証している。また、この試験により、圧縮強度だけではなく、応力が強度に達してから変形に対する抵抗を低下しつつ完全に破壊するまでの変形特性が岩石の種類によっていかに異なるかを明らかにしている。

第4章では、山はねやガス突出の発生と密接な関係があると考えられる岩盤内の応力について論じている。まず地下構造物の影響を受けていない初期応力について理論的に検討し、地殻変動や地形の影響を考慮しなくてよい場合、鉛直の直応力を一つの主応力とすると、これはかぶりの岩盤の比重量と深さととの積に等しく、かつ水平の直交する二つの直応力の平均値に等しいことを示している。つぎに、応力解放法によって岩盤内の応力を測定し、その結果から初期応力を計算し、理論的に推定した上記の結果はほぼ正し

いが、水平の直交する二つの直応力の平均値は鉛直の直応力よりやや大きい場合が少なくないことを認めている。

また、山はねやガス突出が起こった付近では、初期応力が異常に高いことがあることを見出している。

第5章では、規模の大きい鉱体を残柱採鉱法で採掘するときにかかる鉱柱の山はねの機構を、鉱柱のぜい性と、これに載荷する上下盤の剛性との相対関係から論じている。すなわち、鉱柱にかかる地圧が高く、鉱柱が変形に対する抵抗を低下しつつ塑性変形をするとき、鉱柱の変形抵抗低下率が上下盤の剛性度より高ければ、その鉱柱は山はねを起こすとし、またこの関係を利用して山はねの予測も可能であろうと論じている。さらに、山はねを起こすための引き金作用、山はねのエネルギーおよび山はねに伴う地震について検討し、引き金作用がなくても鉱柱の山はねは起こりうると述べている。また、ガス突出は発破のあとに起こりやすいことや、地震を伴わないことの原因を、ガス突出がガス圧と密接な関係にあつて、しかもガス流出が絶えず起こっていることから説明している。

第6章では、静水圧状態にある岩盤内に設けられた円形坑道のまわりの応力および変形を解析する方法を提案し、岩盤の変形特性を種々仮定してこれらを解析した結果を示している。この解析により、岩盤内の初期応力がある限度以上高ければ、坑道の周囲のいたみを生じた岩盤の範囲は、従来の弾塑性解析によって求められているものより広く、かつ岩盤のぜい性が著しいほど、あるいは初期応力が高いほど、このいたんだ岩盤の範囲は広いことを指摘している。

第7章は、坑道のまわりの岩盤の山はねの機構に関して理論的に検討した結果を述べたものである。すなわち、第6章に述べた応力および変形の解析の結果に基づき、坑道のまわりの岩盤の山はねは、いたんだ岩盤の範囲が、発破または遅れ破壊により突然拡大することによって起こるものであろうと推論している。さらに、この推論から、コンバーゼンスの測定によって、坑道の山はねを予知する可能性があることと述べている。

第8章では、山はね対策に対する著者の考えを述べている。山はねの予知方法としては、重圧箇所調査、岩盤の震動の観測およびコンバーゼンスの測定などを挙げている。なお、異常な重圧箇所の簡便な調査方法として、ボーリングコアがディスク現象を起こすか否かを調べることを提案している。

鉱柱の山はね防止対策としては、第5章に述べた考え方に基づいて、山はねのおそれの有無を検討し、その結果山はねが起こりそうであれば、鉱柱を残さない採鉱法、たとえば長壁式採鉱法を採用することを提案している。

第9章の結論は、以上の結果をまとめたものである。

論文審査の結果の要旨

近年、わが国の坑内で、山はねと呼ばれる岩盤の異常な破壊現象が起こるようになった。この現象は重大な災害を伴うから、その予知および防止は、深部地下資源を開発する上に、重要な問題となっている。本論文は、岩石のぜい性破壊特性、岩盤内の初期応力および坑内空洞のまわりの岩盤の変形から山はねの機構を理論的ならびに実験的に研究した結果を述べ、山はね防止対策にも言及したもので、得られた成果のうち主なものは次のとおりである。

(1) 山はねの発生は岩石のぜい性破壊特性と密接な関係にあることに注目し、177 t/mm という高い剛性を示す圧縮試験機を用い、山はね発生箇所ばかりでなく、多くの鉱山から採取した種々の岩石について一軸圧縮試験を行ない、応力が強度に達してから完全に破壊するまでのぜい性破壊特性を詳細に調査した。この調査により、山はねを起こした岩石は変形に対する抵抗の低下率が大きいものが多いことを明らかにした。

(2) 多くの鉱山において、岩盤内の初期応力を応力解放法によって測定し、その結果を理論的に検討し、通常、鉛直の直応力はかぶりの岩盤の比重量と深さとの積に等しく、水平の直交する二つの直応力の平均値は鉛直の直応力と同程度か、これより大きいことを示した。しかし、山はねやガス突出が起こった現場の付近では、各応力が上記の値の2~3倍であるという異常な現象がみられることを指摘した。

(3) 鉱柱の山はねは、鉱柱が変形に対する抵抗を低下しつつ塑性変形を起こす場合、その変形抵抗低下率が上下盤の構造物としての剛性度より高いときに起こることを理論的ならびに実験的に確かめた。

また、坑道のまわりの山はねについては、岩石の塑性域における変形特性を考慮した応力および変形の解析の結果から、坑道のまわりのいたんだ岩盤の範囲が発破または遅れ破壊によって急に拡大することによって起こると説明した。

(4) 以上の研究結果に基づいて、山はね予知法としては、応力測定やボーリングコアのディスクング現象の観察による重圧箇所調査、岩盤の震動の観測およびコンバーゼンスの測定などが有効であることを示した。

山はね防止対策としては、鉱柱を残さない採鉱法、たとえば長壁式採鉱法を採用することを提案した。

以上に述べたように、この論文は、深い坑内で経験される山はね現象を、鉱柱の山はねと坑道のまわりの岩盤の山はねとに分け、前者の機構に関する最近の仮説を豊富な実験と理論的考察から確かめ、後者の機構については理論的ならびに実験的研究の結果からこれを説明し、山はねの予知方法および防止対策についても二、三の案を示したもので、学術上、工業上貢献するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。