

氏名	齋藤敏明
	さいとうとしあき
学位の種類	工学博士
学位記番号	工博第336号
学位授与の日付	昭和48年7月23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	工学研究科鉱山学専攻
学位論文題目	岩盤の力学的性質と応力状態の調査に関する研究
論文調査委員	(主査) 教授 平松良雄 教授 伊藤一郎 教授 吉住永三郎

### 論文内容の要旨

本論文は、採鉱切羽や地下構造物の設計の基礎となる岩盤の力学的性質と応力状態の調査に関して、種々な角度から検討を加えたもので、緒論および結論のほか、2編11章からなっている。第1編は第1章から第6章までの章からなり、岩石の力学的性質の調査法を取扱っている。第2編は第7章から第11章までの章からなり、岩盤内の応力状態の調査法に関して述べている。

緒論では、まず採鉱切羽や地下構造物の合理的設計に対するこれらの調査の意義を明らかにし、つぎに本研究の概要について述べている。

第1章では、異方性岩石の弾性定数の測定法を取扱っている。まず成層岩は横等方性を有するとみなし、その5種類の弾性定数を、層に直角をなす方向、それと直角をなす方向およびそれらと45°前後の角をなす方向にとった3種類の試験片について一軸圧縮試験を行なった結果から決定することを提案している。つぎに、この方法により別子鉱山の切羽で採取した石墨片岩および緑泥片岩の弾性定数を決定し、これらの岩石の異方性は著しいことを明らかにしている。さらに同じ岩石でも、応力レベルが高くなるとともに異方性は少なくなること、およびその岩石が切羽の影響のないところにあると異方性はわずかであることを、弾性波伝播速度の測定によって示している。

第2章では、まず岩石の圧縮試験においてひずみ速度を低下させることによって、試験機の見掛けの剛性を高めることができ、したがってひずみ速度を岩石の性質によって決まるある限度以下まで低下させると、その岩石が完全に破壊するまでの変形特性を求めようことを理論的に示している。つぎに、サーボ機構によりひずみ速度を自由に制御できる三軸圧縮試験機を試作し、これを用い、モルタルを試料として一軸圧縮試験を行ない、上記の事柄を実証している。またこの試験機は、応力緩和の試験に用いることを示している。

第3章では、岩石の応力-ひずみ関係を考慮に入れて有限要素法により応力解析を行なうのに便利なように、応力およびひずみの測定値から両者の関係を関数で表わす方法を工夫し、データにばらつきがある

場合でも、なめらかな曲線を表わす関数が得られるようにした経過を述べている。

岩石の引張強度を求めるのに圧裂試験が広く行なわれているが、第4章はその妥当性を破壊機構の確率論的考察から検討したものである。この検討により、円板圧裂試験は一軸引張試験の代りに採用できるが、円環圧裂試験は不相当であることを指摘している。

第5章では、岩盤の強度を求めるのに、多数の非整形岩石試験片について点載荷圧裂試験を行なうのが有効であることを実例をもって示している。すなわち、別子鉱山深部の山鳴り地区、山鳴りの少ない地区および山鳴りのない地区のおのおのから、岩種ごとに約60個の試料を採取してこの方法で試験し、前二者の岩石の強度には差がなく、後者のそれは前者のそれよりわずかに高いことを統計的に示し、少数の試験片についての試験ではこのような判定はむずかしいと述べている。

第6章では、地圧による鉱柱のいたみの程度を、弾性波伝播速度の測度によって判定できることを論じている。まず、弾性波伝播速度は応力によってほとんど影響を受けないが、伝播径路にある亀裂によって影響を受けることを実験的に確かめ、つぎに河山鉱山の多くの鉱柱について、それにかかる地圧と弾性波伝播速度との関係を調査し、地圧がある限度以上になると弾性波伝播速度は急に低下すること、地圧の低い鉱柱でもその中の弾性波伝播速度は試験片の中のそれより低いことなどを見出し、これらの結果を本章の議論の根拠としている。

第7章は、現在各国で行なわれている岩盤内の応力測定法を分類し、それらについて長所と短所を指摘し、著者が研究の対象としたボアホールの孔底で行なう応力解放法の位置を明らかにしたものである。

第8章では、ボアホールの孔底で行なう応力解放法により、中龍鉱山、別子鉱山、美唄炭鉱および奔別炭鉱において、岩盤内の応力を測定した経験と実技上の工夫などについて述べている。

第9章は、ボアホールの孔底で行なう応力解放法の理論的根拠を論じたものである。まず、有限要素法によりボアホールの孔底付近の応力の解析を行ない、その結果からこの応力測定法のための一般的な観測方程式を導いている。また、従来各国の研究者によって模型実験などによって求められていたひずみ係数を理論的に正確に決定している。つぎにボアホールの底面に取り付けられたひずみゲージの位置のくるいによる誤差について詳細に検討している。

第10章では、ボアホールの底面に少なくとも6個のひずみゲージを適当な位置に取り付けて測定を行なう応力測定法を提案している。この方法は、従来少なくとも3本のボアホールでの測定を必要としたものを1本のボアホールでの測定で足るようにした点に特徴がある。さらに最も適当と考えられるひずみゲージの配置を示し、この配置によりかなり高い精度をもって応力を測定しうることを実験的に示している。

第11章では、地圧の高い岩盤中にボーリングを行なうとき経験されるコアのディスク現象の発生条件を理論的ならびに実験的に研究し、ボアホール軸と直角をなす方向の周圧が引張強度の約5倍以上になるとこの現象が起こることなどを明らかにしている。またこの現象は注意を要する地圧状態の判定に利用できることを述べている。

結論は以上の結果をとりまとめたものである。

## 論文審査の結果の要旨

安全で経済的な地下資源の開発や安定な地下構造物の建設には、岩盤力学を応用すべき問題が少なくないが、この応用には、岩盤の力学的性質や応力状態を調査し、これらを基礎資料として用いることが必要である。この論文は、これらの調査法について理論的ならびに実験的に研究し、二三の新しい方法を提案したもので、得られた成果のうち主なものは次のとおりである。

(1) 異方性を有する岩石の弾性定数を、一軸圧縮試験によって決定する一方法を提案し、この方法により試験した結果から、別子鉱山の切羽で採取した結晶片岩は異方性が著しいことを見出した。さらに、採掘の影響を受けていないところの結晶片岩は異方性がわずかであることを、実験室および現場における弾性波伝播速度の測定によって明らかにした。

(2) 地下空洞のまわりの岩盤の変形や破壊の挙動は、その岩盤に最大の応力を生ずるときからそれが完全に破壊するまでに示す変形特性の影響を著しく受けることに注目し、岩石の一軸および三軸圧縮試験において、サーボ機構によりひずみ速度を制御することによって、どの岩石についてもこの変形特性を容易に試験しうる装置を試作し、岩盤の変形・破壊挙動の研究の発展に貢献した。

(3) 採鉱切羽や坑道掘進現場で岩石の強度を求めるのに、点載荷圧裂試験が簡便であり、地圧による鉱柱のいたみの程度を知るには、鉱柱内の弾性波伝播速度と試験片内のそれとの比較が有効であることを実例をもって示した。

(4) 岩盤内の応力状態を、応力解放の前後におけるボアホール底面のひずみの変化から求める方法は、現場で最も実施しやすいことに着目し、まず孔底付近の応力を有限要素法により解析して、この応力測定法における一般的な観測方程式を誘導し、基礎理論を確立した。またゲージの位置のくりに基づく誤差を詳細に検討した。

つぎに、孔底面上に適当に配置された少なくとも6個のひずみゲージの読みから、その地点の応力状態を決定できることを見出し、従来応力状態の決定に、方向の異なる少なくとも3本のボアホールでの測定を必要とするとされていたのを、1本のボアホールでの測定のみで足るようにした。さらに、8個の素子を四つの半径および一つの円周に沿って配置した精度の高いゲージを考案し、この応力測定法を実用化した。

(5) 地圧の高い岩盤中で起こるボーリングコアのディスクング現象の発生条件を、理論的ならびに実験的に明らかにし、この現象は注意を要する応力状態の判定に利用しうることを示した。

以上を要するに、本論文は岩盤の力学的性質および応力状態の調査に関し、従来あまり研究されていなかった方面の研究を行ない、岩石が完全に破壊するまでの変形特性、鉱柱のいたみの程度、岩盤内の応力状態などを求める新しい方法を提案し、岩盤の異方性、圧裂試験の適用性、ディスクング現象の発生条件などについても新しい知見を得たもので、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。