

氏名	稲田善紀 いなだよしのり
学位の種類	工学博士
学位記番号	工博第314号
学位授与の日付	昭和48年1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	加熱併用による岩石の機械掘さく法に関する基礎的研究
論文調査委員	(主査) 教授伊藤一郎 教授港種雄 教授平松良雄

### 論 文 内 容 の 要 旨

この論文は、岩石の新しい掘さく法の一つと考えられている加熱併用による岩石の機械掘さく法について、基礎的な諸問題を系統的に研究した結果をとりまとめたもので、8章から成っている。

第1章は緒論で、まず、機械的なエネルギーのみで岩石を掘さくあるいは穿孔する従来の方式では、硬岩に対しては著しく能率が低い現状にかんがみ、硬岩に対する高能率の機械掘さく法や穿孔法の開発が必要なことを指摘し、この研究を行なった動機と目的とを明らかにしている。

第2章では、加熱および急冷を行なった場合の岩石の機械的性質の変化について実験的に研究した結果を述べている。すなわち、5種類の岩石について、常温より1000°Cまでの範囲内の種々の温度に加熱したのち、圧縮空気または水を用いて急冷した試料を用意し、これらの試料について圧縮試験、圧裂試験および硬度試験を実施し、加熱および急冷によってこれらの岩石の強度、ヤング率、ポアソン比および硬度がどのように変化するかについて検討している。その結果、多くの岩石は、加熱および急冷をうけることによって強度、ヤング率および表面近くの硬度が低下するが、低下の程度は、岩石を構成している結晶鉱物の種類とその数、結晶の大きさとその配列状態、含水率などによって異なることを見出しており、また、ポアソン比についても、一般的には加熱温度の上昇とともにその値が低下することを指摘している。

第3章では、加熱および急冷が岩石の熱物性値に及ぼす影響について研究した結果を示している。すなわち、3種類の岩石について、常温より800°Cまでの範囲内の種々の温度に加熱した試料および加熱後急冷した試料を用意し、前者については、熱拡散率、熱伝導率、熱容量の測定をフラッシュ法により、また線膨張係数の測定を石英を標準試料として用いた比較法により行ない、さらに後者については、熱拡散率、熱伝導率、熱容量の測定のみを同じくフラッシュ法により実施し、それぞれの測定結果について検討している。その結果、岩石の熱拡散率、熱伝導率、熱容量の値は、高温に加熱された場合でも常温状態において示す値から大幅に変化することがなく、また、加熱後急冷を加えた場合でも、それらによって組織上とくに大きな変化が生じないかぎり、上記の熱物性値には大きな変化が認められないことを示している。

さらに、岩石の線膨張については、常温より加熱されるにつれて線膨張係数の値が大きくなること、岩石を構成している鉱物粒子個々の膨張が、岩石全体としての膨張に対して大きな影響を及ぼしていると考えられることなどが指摘できると述べている。

第4章では、まず、前2章の研究に使用したものと同一の3種類の岩石試料を対象として、加熱および急冷を加えた場合に生ずる岩石組織の変化を顕微鏡により観察した結果と、岩石を構成している鉱物の単位格子の大きさの変化をX線回析法を用いて測定した結果とを示している。ついで、これらの観察および測定の結果と前2章で述べた実験結果との関連性について考察し、加熱および急冷をうけた岩石にみられる脆弱化の現象や線膨張係数の変化が、加熱にともなって岩石内に生ずるマイクロクラックの発達程度や鉱物の単位格子の大きさの変化によく対応しており、前2章で示した実験結果は、顕微鏡観察やX線回析の測定結果からも充分裏づけることができると述べている。

第5章は、電圧印加を併用して行なう岩石の機械掘さく法について、基礎的な諸問題をとりあげて研究した結果を述べたものである。まず、最高1000Vまで印加して穿孔ができるように試作した実験装置を用い、ビットには切削型クロスビットとトリコンビットの2種類を選び、セメントモルタル、砂岩および大理石を対象として種々の条件のもとで穿孔実験を行なった結果、セメントモルタルの場合には、750V以上の印加電圧のもとで穿孔すると、電圧印加の効果が穿孔能率に顕著に現われ、穿孔速度は電圧を印加しない場合のその1.7~2.0倍になるが、岩石に適用した場合の効果は岩石の比抵抗の大小によって大幅に異なり、したがって電気伝導性の低い岩石については、たとえば電解質溶液を用いた注水式電圧印加穿孔を採用するなどの特殊の工夫が必要であることを指摘している。さらに、電圧印加穿孔法においては、切削型ビットよりもセルフシャープニング作用をもつたとえばトリコンビットの方が有効であること、トリコンビットを用いて有効な穿孔を行なうために必要な電力量は、セメントモルタルでは3KW・sec/cm程度と少なくともすむが、岩石の場合にはその30倍以上にも達すること、などの結果が得られたことを示している。つぎに、注水式電圧印加方式で穿孔中の岩石内での三次元温度分布を理論的に計算した結果と実測値とを対比することにより熱効率および穿孔面の温度を推定した結果を示し、さらに穿孔面の温度が上記の値であると推定されたときの岩石のせん断強度の低下の割合と、電圧印加穿孔を行なった場合の穿孔速度の増加の割合との関係より、電圧印加穿孔の効果を判定する方法を考察し、岩石に対する穿孔実験の結果にこの方法を適用した結果について述べている。

火焰を併用して行なう岩石の機械掘さくに関しては、第6章に実験的研究の結果を示し、第7章に理論的考察の結果を述べている。まず、第6章では、火焰を併用して花崗岩、大理石、安山岩の3種類の岩石をディスクカッタおよびギャカッタを用いて種々の条件のもとで掘さくした実験結果を詳細に述べ、ついで火焰併用の効果を加熱前後の岩石のせん断強度比などを考慮して論じ、その結果より、今回の実験の範囲内では、いずれの岩石でも、推力が400kg、火焰移動速度が1.5cm/secの条件で掘さくした場合にもっとも能率のよい掘さくが行なわれたことを示し、さらに、使用するビットは岩石の性質に応じて選定する必要があることを指摘している。第7章では、まず、移動熱源を用いて加熱した場合の岩石内の温度分布を、表面からの熱放散を考慮した場合について理論的に検討し、ついでそのような温度分布にもとづいて岩石内に生じている熱応力の大きさと作用方向とを、有限要素法を用いて平面ひずみ問題として解く

ことにより求め、得られた熱応力を破壊の判定条件に照らして検討し、熱源の移動によって岩石内に逐次広がって行く脆弱化の範囲を求めている。さらに、その結果と第6章に述べた実験結果と対比して検討することにより、火焰を併用した岩石の機械掘さく法においては、火焰による加熱によって岩石内に生ずる熱応力により表面近くに脆弱化層が生じ、引きつづいて行なわれるカットによる機械掘さくにより脆弱化層およびその周辺に対する掘さくが効果的に行なわれるという、掘さくの機構についての著者の考えを述べている。

第8章は結論で、この研究の成果を総括したものである。

### 論文審査の結果の要旨

岩石に対する穿孔あるいは機械掘さくの方法としては、現在でも機械的なエネルギーのみを利用する方法が主流をなしているが、硬岩に対しては能率が低い。そのために、硬岩に対する高能率の機械掘さく法の開発が望まれている。この論文は、加熱併用による岩石の機械掘さく法に関する基礎的な問題として、加熱および急冷が岩石の諸性質に及ぼす影響、および加熱併用による岩石の機械掘さくにおける掘さく機構の二つの問題を重点的にとりあげ、これらに関し理論的ならびに実験的に研究した結果をとりまとめたものである。この方面の研究は従来きわめて乏しく、著者の研究は国の内外を通じて系統的に行なわれた最初の研究といえることができる。得られた多くの成果のうち、主なものをあげると、つぎのとおりである。

1. まず、5種類の岩石試料について、常温より 1000°C までの範囲内の種々の温度に加熱したのち急冷することにより機械的性質がどのように変化するかを検討し、加熱および急冷による岩石の脆弱化について詳細な資料を提供した。さらに、顕微鏡観察およびX線回析の測定結果より、岩石の組織や構成鉱物の結晶状態の変化と脆弱化との関係を明らかにした。

2. 常温より 800°C までの範囲内の種々の温度に加熱した岩石および加熱後急冷した岩石の熱物性値をフラッシュ法などを用いて測定し、加熱および急冷が岩石の熱物性値にどのような影響を及ぼすかについて詳しい資料を提供した。

3. 電圧印加を併用して行なう機械穿孔法については、まず、セメントモルタルを試料として、主として実験的に研究し、穿孔能率に及ぼす印加電圧の影響、有効な穿孔を行なうためにビットの具備すべき条件、所要電力量などを明らかにし、さらに、この方式を岩石の穿孔に応用した場合の問題点とそれらに対する対策を明示し、実用化を考慮する場合に参考となる有用な資料を提供した。

4. 火焰を併用する岩石の機械掘さく法について詳細な実験を行ない、火焰併用の効果を加熱前後の岩石のせん断強度比などを考慮して論じ、その結果より、効果的な掘さくを行なうために必要な火焰移動速度、推力、ビット回転数などの掘さく条件を明らかにした。

5. 移動熱源を用いて加熱した場合の岩石内の温度分布および熱応力分布を理論的に求め、得られた熱応力を破壊の判定条件に照らして検討し、熱源の移動によって岩石内に逐次広がって行く脆弱化の範囲を明らかにした。さらに、上記のようにして求めた脆弱化の範囲と、実際に火焰を併用して機械掘さくを行なった場合の掘さく深さとを対比して検討し、加熱併用による掘さく能率の向上は加熱による岩石の脆弱化にもとづくことを実証し、この方式による岩石の機械掘さくの機構を示唆した。

これを要するに、この論文は、加熱併用による岩石の機械掘さく法に関してはじめて系統的な研究を行ない、とくに基本的に重要な問題である加熱および急冷が岩石の諸性質に及ぼす影響と掘さく機構とを明らかにし、新しい岩石掘さく技術の開発に対し基礎的な資料を提供したものであって、学術上はもとより工業上も寄与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。