

氏名	厨川道雄 くりや がわ みち お
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第1081号
学位授与の日付	昭和53年7月24日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	回転圧砕方式による岩盤の機械掘削に関する研究

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、まず回転圧砕方式による常温岩盤の機械掘削に関し基礎的に研究し、次に同じ手法を用いて高温岩盤の掘削について研究した結果を述べたもので、緒論及び結論のほか6章から成っている。本研究において各種の試験に供した岩石は、静岡県産砂質凝灰岩（伊豆青石）、福島県産凝灰質安山岩（三城目安山岩）、山口県産結晶質石灰岩（秋吉大理石）、山梨県産輝石安山岩（甲府安山岩）、群馬県産黒雲母花こう岩（沢入花こう岩）、福島県産凝灰質安山岩（江持安山岩）、大阪府産砂岩（和泉砂岩）などである。

第1章の緒論では、資源開発において重要な役割を果たす岩盤の機械掘削の能率向上と、地熱開発のための高温岩盤内の削井の可能性を検討することのために本研究を行ったことを述べ、次に本研究に関係のある従来の研究を展望している。

第2章では、くさび形ビットを岩盤の表面に直角に圧入することによって行う単純圧砕に関して、従来発表されてきた理論の主なものを挙げ、それぞれについて問題点を指摘している。

第3章においては、単純圧砕の際に生ずるチップング現象について、理論的ならびに実験的に行った詳細な研究の結果を述べてる。まず岩盤の応力-ひずみ関係、岩盤とビットとの間の摩擦係数及び光弾性実験の結果を考慮に入れ、くさび形ビットを圧入した岩盤内の応力分布を有限要素法を用いた非線形解析によって求めている。次にこの応力分布と岩盤の内部摩擦角及びせん断強度とを考慮に入れて、チップング現象における岩盤の破壊を説明している。すなわちビットの両側に見られる偏平な円弧状のはく離はせん断応力に基づく回転すべりであるとし、これが起こる条件と破壊面の形状を理論的に導いている。またビットの刃先付近には高い三軸圧縮応力によって塑性変形が起こることを示し、その範囲を明らかにしている。最後にこれらの結果は、従来の理論から導かれるものよりも実験結果とよく合うことを確かめている。

第4章では、岩盤の単純圧砕を連続的に行いうるようにした回転圧砕を取り扱っている。著者はディスクカッタ又は歯車形カッタを用いて回転圧砕を起こさせる条件及びその効果について理論的ならびに実験的に研究し、次の結果を得ている。すなわちこの場合の岩盤の破壊機構は、単純圧砕の場合のそれと同一であることを確かめ、圧砕に必要なカッタの推力、水平力及びエネルギーを明らかにしている。例えば圧砕

に必要なエネルギーについていえば、単純圧砕の場合とディスクカッタを用いる回転圧砕の場合とではほとんど差がないが、歯車形カッタを用いる回転圧砕の場合は単純圧砕の場合より約30%大きいことを明らかにしている。

第5章では、実際に削井に用いられるトリコンビットによる岩盤の掘削を取り扱っている。著者はトリコンビットの推力、トルク、掘削速度及びエネルギー効率などの間の関係を実験的に研究し、掘削速度はほぼ推力に比例するが、エネルギー効率から見れば岩盤の性質に応じて最適推力が存在すること、現在実用されているトリコンビットのエネルギー効率は単一ローラカッタのそれより著しく低いことを明らかにし、ビットの形状・寸法及び配置を改善することによりエネルギー効率を向上しうることを示唆している。

第6章では、常温から600℃までの温度範囲で、種類の岩石の応力-ひずみ関係及び強度に及ぼす温度の影響について試験した結果を示し、これらの影響は岩石の種類によってまちまちであることを指摘し、この事実は岩石の線膨張係数が温度とともに特異な変化をすることと関連があると述べている。

第7章では、高温岩盤の回転圧砕方式による機械掘削について研究した結果を述べている。大理石のように塑性の著しい岩石を除けば、高温のもとであっても、この方式による掘削の際の岩盤の破壊機構は常温の場合のそれと同じであるが、掘削に要するエネルギーは常温の場合のそれよりかなり大きいことが多いこと、この傾向は岩盤の性質によってまちまちであり、また温度に対して単調な関係にはないことを明らかにしている。また大理石は200℃以上の温度ではチップングを起こさないが、この方式による機械掘削は常温のもとよりも容易であることを示している。以上を総合して高温岩盤の回転圧砕方式による機械掘削は可能であることを明らかにしている。

第8章は結論で、以上の成果を要約したものである。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、資源開発において重要な役割を果たす岩盤の機械掘削について、その能率向上と地熱開発のための高温岩盤内での削井の可能性を検討することを目標として、回転圧砕方式による岩盤の機械掘削について理論的ならびに実験的に研究した結果をまとめたもので、得られた成果の主なものは次のとおりである。

1. 回転圧砕方式による岩盤の機械掘削は、個々のビットが岩盤に圧入されることによって生ずるチップング現象を利用するものであるが、まずこの現象は、ビットの両側にせん断応力に基づく回転すべりによって岩石の偏平な破片がはく離すること、及び刃先付近の岩石に高い三軸圧縮応力に基づく塑性変形が生ずることによって起こることを明らかにした。

次に岩盤の機械的性質及びビットと岩盤の間の摩擦係数からチップングを起こさせるのに要する推力やトルク、はく離した岩石の破片の形状・寸法などを理論的に導き、その結果は従来の理論から推定されるものよりも実験結果とよく合うことを確かめた。さらにチップングを起こさせるのに要するエネルギーは、くさび形ビットを岩盤表面に直角に圧入することによって行う単純圧砕の場合とディスクカッタを用いる回転圧砕の場合とではほとんど差がないが、歯車形カッタを用いる回転圧砕の場合は単純圧砕の場合より約30%大きいことを明らかにした。

2. 実際に削井に用いられるトリコンビットによる岩盤の掘削においては、掘削速度はほぼ推力に比例するが、エネルギー効率から見れば岩盤の性質に応じて最適推力が存在すること、現在用いられているトリコンビットのエネルギー効率はディスクカッタや歯車形カッタのそれより著しく低いことなどを指摘し、ビットの形状・寸法及び配置を改良し、最適推力を採用することによりエネルギー効率を向上しうることを示唆した。

3. 常温から600℃までの温度範囲の高温岩盤の機械掘削に関して次の事項を明らかにした。すなわち大理石のような塑性の著しい岩盤を除けば、この方式による掘削の際の岩盤の破壊の機構は常温の場合のそれと同じであるが、掘削に要するエネルギーは常温の場合のそれよりかなり大きいことが多いこと、この傾向は岩盤の性質によってまちまちであり、また温度に対して単調な関係にはないこと、したがって最適掘削条件は岩盤の性質や温度によって異なることなどを明らかにした。一方大理石は、200℃以上ではチップングを起こさないが、この方式による機械掘削は常温の場合よりも容易であることを示した。以上を総合して高温岩盤の回転圧碎方式による機械掘削は可能であることを明らかにした。

以上を要するに、本論文は回転圧碎方式による岩盤の機械掘削について研究し、本方式による掘削の際の岩盤の破壊の機構や岩盤の性質に応じた最適掘削条件などを明らかにし、さらに本方式による高温岩盤内の削井上の問題点を指摘したもので、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。