

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-120048

(P2007-120048A)

(43) 公開日 平成19年5月17日(2007.5.17)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
E 2 1 B 7/14 (2006.01)	E 2 1 B 7/14	2 D 0 6 5
E 2 1 C 37/16 (2006.01)	E 2 1 C 37/16	2 D 1 2 9

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2005-310727 (P2005-310727)
 (22) 出願日 平成17年10月26日 (2005.10.26)

(71) 出願人 505125945
 学校法人光産業創成大学院大学
 静岡県浜松市呉松町 1 9 5 5 - 1

(71) 出願人 000236436
 浜松ホトニクス株式会社
 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1

(74) 代理人 100121441
 弁理士 西村 電平

(74) 代理人 100113468
 弁理士 佐藤 明子

(72) 発明者 中井 貞雄
 静岡県浜松市呉松町 1 9 5 5 番 1 学校
 法人光産業創成大学院大学内

最終頁に続く

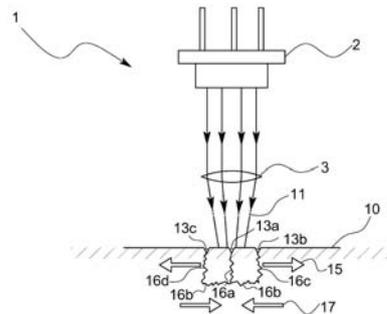
(54) 【発明の名称】 岩石掘削方法

(57) 【要約】

【課題】 掘削部分の大きさを制御することが可能なレーザー光を用いた岩石掘削方法を提供する。

【解決手段】 岩石の表面に小孔を開ける工程、及び、前記小孔の周囲にレーザー光を照射する工程を有するようにした。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

岩石の表面に小孔を開ける工程、及び、
前記小孔の周囲にレーザ光を照射する工程を有することを特徴とする岩石掘削方法。

【請求項 2】

岩石の表面に小孔を開ける工程は、レーザ光を岩石の表面に照射することによる請求項 1 記載の岩石掘削方法。

【請求項 3】

レーザ光を岩石の表面に照射する際には、レーザ光を集光してから照射する請求項 1 及び 2 記載の岩石掘削方法。

【請求項 4】

レーザ照射部と、前記レーザ照射部から射出された光を集光する集光レンズを備えていることを特徴とするレーザ岩石掘削機。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

この発明は、レーザ光照射の熱応力による制御された岩石掘削方法に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

レーザ光を用いた岩石掘削方法としては、従来特許文献 1 に記載の方法が知られているが、この方法では、まず岩石をレーザ光により加熱し、次いで冷却剤によって岩石を冷却することを繰り返すことにより、レーザ熱応力により岩石を破壊する。

【0003】

すなわち、図 3 (a) に示すように、まずレーザ照射手段 2 から射出したレーザ光 1 1 を、レンズ 4 でデフォーカスした状態で、岩石 1 0 表面に照射し、岩石 1 0 表面を加熱する。次いで、図 3 (b) に示すように、冷却剤噴射手段 5 から岩石 1 0 の加熱部分 2 0 に冷却剤 2 1 を拡散状態で噴射して、岩石 1 0 にクラック 1 6 を生じさせる。

【特許文献 1】 特開平 5 - 1 3 3 1 8 0 号公報

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

しかしながら、このような方法によっては、急速加熱と急速冷却を繰り返して行うことにより、膨張と収縮を交互に起こし、岩石 1 0 を熱応力により破壊するので、クラック 1 6 の入る状態をコントロールすることはできず、掘削部分の大きさを制御することは不可能である。

【0005】

そこで本発明は、掘削部分の大きさを制御することが可能なレーザ光を用いた岩石掘削方法を提供すべく図ったものである。

【課題を解決するための手段】**【0006】**

すなわち本発明に係る岩石掘削方法は、岩石の表面に小孔を開ける工程、及び、前記小孔の周囲にレーザ光を照射する工程を有することを特徴とする。

【0007】

このような本発明に係る岩石掘削方法によれば、初期条件として、まず岩石の表面に最適な配置で小孔を先導的に開け、この小孔に人工的な傷としての働きを担わせる。次にこの小孔を中心としてその周囲にレーザ光を照射することにより岩石を加熱し、岩石の表面部分にこの加熱による引張応力を発生させることにより、先に開けた小孔から岩石の深さ方向にクラックが生じる。一方、岩石の深部は冷たく圧縮応力が生じていることより、小孔から発生したクラックはある程度の深さで進行方向を変え、小孔の軸に対して垂直方向

10

20

30

40

50

(横方向)に延長し、岩石を破碎する。

【0008】

また、複数の小孔を設けて、その周囲にもレーザー光を照射して岩石の深さ方向に複数のクラックを生じさせることにより、これらのクラックが先に岩石内部に形成された小孔の軸に対して垂直方向のクラックと合流して、岩石表面の一部が岩石から切り離される。この結果、岩石表面の一部を剥離することも可能となる。

【0009】

岩石の表面に小孔を開ける方法としては特に限定されず、いかなる方法によってもよいが、レーザー光を岩石の表面に照射することによって、断面形状が円形又は楕円の小孔を開けることができる。また、例えば削孔機やドリル等を用いて小孔を開けてもよい。

10

【0010】

岩石の表面に開ける小孔の、配置、個数、大きさ(断面積、深さ)、形等は、岩石の掘削予定箇所の大きさにより適宜設定すればよい。

【0011】

岩石に照射するレーザー光としては特に限定されないが、例えば、半導体レーザー、固体レーザー、気体レーザー、液体レーザー、自由電子レーザー等のレーザー光を用いることができる。なかでもYAGレーザー、半導体レーザー等の高出力レーザーのレーザー光を照射するのが好ましい。

【0012】

効率良く、かつ、目的の掘削範囲を高い精度で破壊するためには、レーザー光を岩石の表面に照射する際には、レーザー光をレンズで絞込み、レーザー光を集光してから照射するのが好ましい。

20

【0013】

このような岩石掘削方法に使用する掘削機としては特に限定されないが、例えば、レーザー照射部と、前記レーザー照射部から射出された光を集光する集光レンズを備えているレーザー岩石掘削機を用いることができる。このようなレーザー岩石掘削機も本発明の1つである。

【発明の効果】

【0014】

このように本発明によれば、岩石に予め小孔を開け、レーザー光を照射して岩石を加熱することにより、岩石表面近傍には引張応力が生じて小孔から岩石内部にクラックが延長し、また、岩石内部の相対的に温度の低い部分では圧縮応力が生じているので、深さ方向に延長してきたクラックが小孔の軸に対して垂直方向に曲がり、岩石の予定した範囲を制御して掘削することができる。更に、小孔を複数設けることにより、岩石表面の一部を剥離するようにクラックを形成することも可能となる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、本発明の一実施形態を図面を参照して説明する。

【0016】

本実施形態に用いるレーザー岩石掘削機1は、図1に示すように、レーザー照射部2と集光レンズ3を有しており、レーザー照射部2から射出されたレーザー光11は集光レンズ3により集光され、岩石10の表面に照射される。

40

【0017】

レーザー照射部2は、例えば、半導体レーザー、固体レーザー、気体レーザー、液体レーザー、自由電子レーザー等からなり、特に高出力のYAGレーザーや半導体レーザーであるのが好ましい。

【0018】

集光レンズ3は、レーザー照射部2から射出されたレーザー光11を岩石10の目標箇所に集光する。レーザー照射部2と集光レンズ3との距離又は集光レンズ3と岩石10との距離を変化させることにより、岩石10表面の照射面積を変えることができる。

50

【0019】

レーザ岩石掘削機1を用いて岩石10を掘削するには、まず初期条件として、レーザ光11を集光レンズ3で絞込み、岩石10の表面に照射し、最適な配置で岩石10表面に単数又は複数の小孔13a、b、cを先導的に開け、この小孔13a、b、cに人工的な傷としての働きを担わせる。次いで小孔13aを中心とするその周囲に、ある程度絞り込んだレーザ光11を照射して加熱し、岩石10の表面近傍に加熱による引張応力15を発生させ、この引張応力15により小孔13aから深さ方向ヘクラック16aを生じさせる。

【0020】

一方、岩石10の深さ方向は、相対的に温度が低く圧縮応力17が生じているので、小孔13から発生したクラック16aは途中で方向を変えて小孔13aの軸に対して垂直方向に延長する(16b)。

【0021】

更に、小孔13b、cの周囲にも小孔13aと同様にレーザ光11を照射して、小孔13b、cから深さ方向ヘクラック16c、dを生じさせると、岩石10の深さ方向に進行するクラック16c、dは、やがて先に形成されたクラック16bに到達し、岩石10表面の一部が岩石10から切り離されるようにクラック16a、b、c、dが形成される。この結果、岩石10表面の特定の箇所を剥離することも可能となる。

【0022】

本実施形態において、小孔13a、b、cの配置、個数、大きさ(断面積、深さ)、形状や、レーザ光の照射強度、照射タイミング等を適宜設定することにより、掘削部の大きさ(面積、深さ)を制御することが可能となる。

【0023】

以下に岩石(石灰岩)のレーザ破碎実施例を示す。実験目的は、図1に示した、レーザ照射によって小孔(13a)とそれに続くクラック(16a)の発生・成長を実証することである。使用レーザはCW半導体レーザで、レーザ波長は808nm、入射パワーは50、100、150Wであった。図2に示すように、レーザ照射はスキャン照射を行ない、計8つの照射スポットを得た。1スポットごとの照射時間を3、6、9、12秒と変化させた。岩石サンプルは石灰岩であり、縦4cm、横4cm、高さ1.5cmであった。

【0024】

実験結果の一例として、入射パワー150W、照射時間12秒の実験結果を図2に示す。このときの総投入エネルギーは14.4kJ(=150×12×8)となる。図2(b)に示すように、レーザ照射領域が白色化しており、白色化領域の底部から縦方向ヘクラックが発生している。このクラックはスキャン方向につながっており、岩石は2つに割れている。総投入エネルギーが7kJを超えた場合、同様の結果となった。また、上方から見ると、8つの照射痕があり、その中央に小孔を確認できる。

【0025】

図2の実験結果を図1と照合すると、白色領域が小孔13a、縦クラックがクラック16aに対応すると考えられる。観測結果について考察すると、小孔・白色化領域はレーザの直接照射効果であるアブレーション又は化学変化によって引き起こされる。図1でも述べたように、縦クラックは熱応力によって発生・成長したと考えられる。この縦クラックはレーザの照射領域よりも大きな空間領域にまで成長するため、岩石破碎の高速化にとって有効である。

【0026】

本実施例では、縦クラック発生・成長までを実証した。それに続く横クラック(16b、図1参照)の発生についてはレーザ光軸方向の温度勾配を形成すればよい(縦クラック発生は光軸方向と垂直な方向に温度勾配を形成させた)。このためには、レーザの集光位置を岩石内部に配置させる、イン・フォーカスの光学配置を用いればよい。

【0027】

以上のように、レーザ誘起クラックによる、新たな岩石破碎は実現可能であり、本発明の有効性及び実現可能性を明らかにした。

【 0 0 2 8 】

なお、本発明は前記実施形態に限られるものではない。例えば、小孔 1 3 a、b、c は削孔機やドリル等を用いて開けてもよい。また、集光レンズ 3 はフレネルレンズ等であってもよい。

【 0 0 2 9 】

その他、本発明は、その趣旨を逸脱しない範囲で種々の変形が可能であることは言うまでもない。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 3 0 】

本発明によって、不要な箇所まで掘削することなく掘削する箇所を選択し制御することが可能である。また、騒音が発生せず、静かに高効率で岩石を掘削することができる。本発明はトンネル掘削や油井掘削等に利用できる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 1 】

【 図 1 】 本発明の一実施形態に係る岩石掘削方法を示す模式図。

【 図 2 】 本発明の岩石掘削方法の実施結果を示す写真。

【 図 3 】 従来の岩石掘削方法を示す模式図。

【 符号の説明 】

【 0 0 3 2 】

1・・・レーザー岩石掘削機

2・・・レーザー照射部

3・・・集光レンズ

1 0・・・岩石

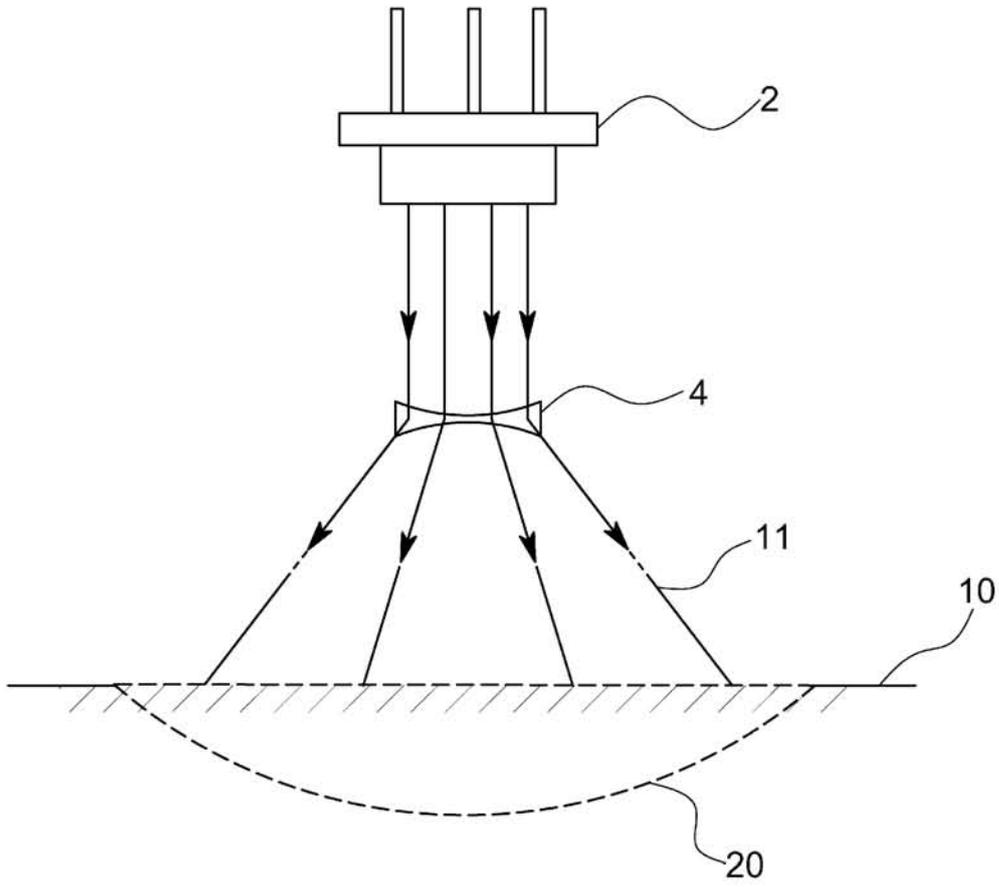
1 1・・・レーザー光

1 3・・・小孔

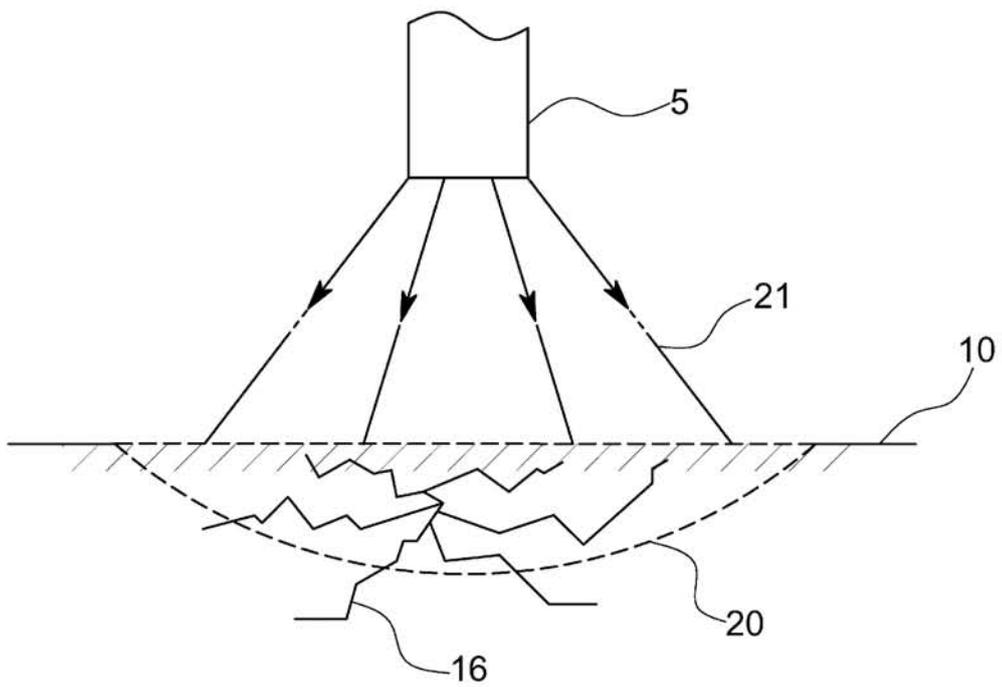
10

20

【図2】
(a)

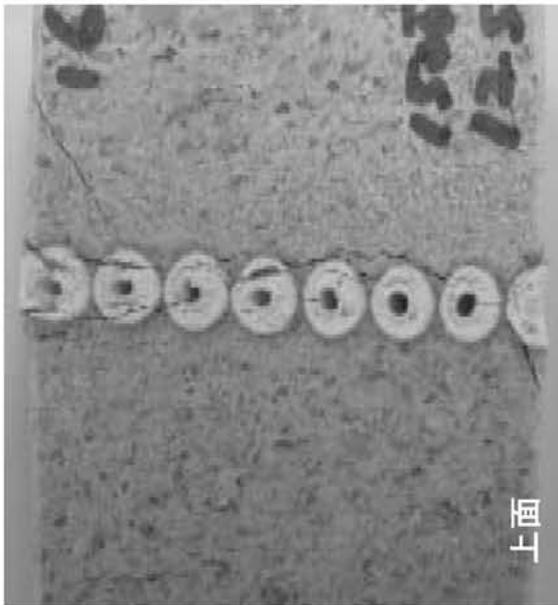


(b)

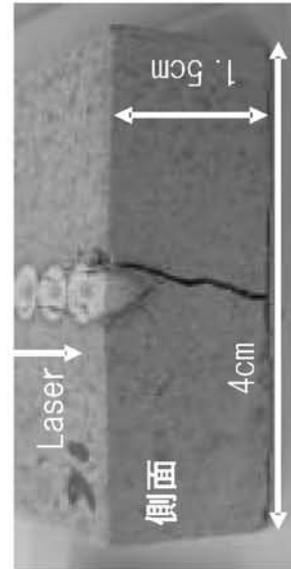


【 図 3 】

(a)上面



(b)側面



フロントページの続き

- (72)発明者 山中 正宣
静岡県浜松市呉松町1955番1 学校法人光産業創成大学院大学内
- (72)発明者 部谷 学
静岡県浜松市呉松町1955番1 学校法人光産業創成大学院大学内
- (72)発明者 菅 博文
静岡県浜松市平口5000 浜松ホトニクス株式会社内
- Fターム(参考) 2D065 EA26
2D129 AA04 AA06 AB01 AB05 BA03 BA07 BA23 FA09