



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2014년04월01일  
 (11) 등록번호 10-1380172  
 (24) 등록일자 2014년03월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*E21B 7/02* (2006.01) *G01C 3/06* (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2013-0052091  
 (22) 출원일자 2013년05월08일  
 심사청구일자 2013년05월08일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 JP07173987 A\*  
 KR100258405 B1  
 JP05202694 A  
 KR1020050073139 A  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
 한국지질자원연구원  
 대전광역시 유성구 과학로 124 (가정동)  
 (72) 발명자  
**최병희**  
 대전 서구 청사로 269, 1동 1303호 (둔산동, 은초  
 롱아파트)  
**류창하**  
 대전 유성구 노은서로 124, 106동 104호 (노은동,  
 노은카운티스)  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
**임승섭**

전체 청구항 수 : 총 5 항

심사관 : 김우철

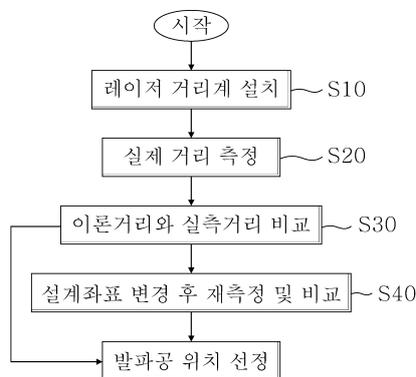
(54) 발명의 명칭 **발파 천공위치 자동 지정 방법 및 시스템**

**(57) 요약**

본 발명은 발파 천공 위치 지정 방법에 관한 것이다.

본 발명에 따른 발파 천공 위치 지정 방법은, 터널의 굴진방향을 z축으로 하고, 굴진방향에 대하여 수직인 평면을 xy평면으로 정한 후, 터널 설계시 정해진 복수의 발파공들의 3차원 설계좌표값(x,y,z)이 입력되어 있는 레이저 거리계를 터널 막장면의 전방에 설치하고, 레이저 거리계가 배치된 위치의 원점좌표값을 입력하는 설치단계, 레이저 거리계에서 발파공의 설계좌표값을 향하여 레이저를 발사하고 레이저가 막장면 상에서 쫓점이 맺히는 지점까지의 실측거리를 측정하는 측정단계, 레이저 거리계로부터 설계상 좌표까지의 계산된 이론거리와 측정단계에서 측정된 실측거리를 상호 비교하여 오차 거리를 산출한 후, 오차거리가 허용 범위 내에 있는지를 판단하는 비교단계 및 비교단계에서 실측거리와 이론거리가 허용 범위 내에 있는 경우 막장면 상에서 레이저의 쫓점이 맺힌 지점을 천공 위치로 확정하고, 허용 범위를 넘는 경우 설계좌표값을 보정한 후 측정단계 및 비교단계를 다시 수행하여 오차 거리를 허용 범위 내로 수렴시켜 천공 위치를 확정하는 보정단계를 포함하여 이루어진다.

**대표도** - 도3



(72) 발명자

**정용복**

대전 유성구 노은로 416, 504동 603호 (하기동, 송림마을5단지아파트)

**강명수**

전북 익산시 평동로 583, 312호 (평화동, 평화맨션)

**강중석**

대전 유성구 왕가봉로 23, 1104동 701호 (노은동, 열매마을11단지)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NP2012-016

부처명 지식경제부

연구사업명 에너지자원기술개발사업

연구과제명 녹색성장형 광산개발을 위한 시설물 갱내화 및 환경 모니터링 기술개발

기여율 1/1

주관기관 한국지질자원연구원

연구기간 2011.07.01 ~ 2014.06.30

---

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

터널의 굴진방향을 z축으로 하고, 상기 굴진방향에 대하여 수직인 평면을 xy평면으로 정한 후, 터널 설계시 정해진 복수의 발파공들의 3차원 설계좌표값(x,y,z)이 입력되어 있는 레이저 거리계를 터널 막장면의 전방에 설치하고, 상기 레이저 거리계가 배치된 위치의 원점좌표값을 입력하는 설치단계;

상기 레이저 거리계에서 상기 발파공의 설계좌표값을 향하여 레이저를 발사하고 레이저가 상기 막장면 상에서 쫓점이 맺히는 지점까지의 실측거리를 측정하는 측정단계;

상기 레이저 거리계로부터 설계상 좌표까지의 계산된 이론거리와 상기 측정단계에서 측정된 실측거리를 상호 비교하여 오차 거리를 산출한 후, 상기 오차거리가 허용 범위 내에 있는지를 판단하는 비교단계;

상기 비교단계에서 상기 실측거리와 이론거리가 상기 허용 범위 내에 있는 경우 상기 막장면 상에서 레이저의 쫓점이 맺힌 지점을 천공 위치로 확정하고, 상기 허용 범위를 넘는 경우 상기 설계좌표값을 보정한 후 상기 측정단계 및 비교단계를 다시 수행하여 상기 오차 거리를 상기 허용 범위 내로 수렴시켜 상기 천공 위치를 확정하는 보정단계;를 포함하여 이루어지며,

상기 보정단계에서,

상기 실측거리가 이론거리에 비하여 클 경우 상기 설계좌표값에서 z축 좌표값을 감소시키고, 상기 실측거리가 이론거리에 비하여 작을 경우 상기 설계좌표값에서 z축 좌표값을 증가시키는 것을 특징으로 하는 발파 천공 위치 지정 방법.

**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

제1항에 있어서,

상기 허용 범위는 0.1~15mm인 것을 특징으로 하는 발파 천공 위치 지정 방법.

**청구항 4**

제1항에 있어서,

상기 레이저 거리계는 복수 개 설치하며,

상기 복수의 레이저 거리계들 중에서 쫓점이 가장 잘 맞은 레이저 거리계를 이용하여 실측거리를 측정하는 것을 특징으로 하는 발파 천공 위치 지정 방법.

**청구항 5**

터널의 발파 천공 위치를 지정하기 위한 것으로서,

레이저를 발사하여 레이저의 발사지점으로부터 상기 레이저의 쫓점이 맺힌 지점까지의 거리를 측정가능한 레이저 거리계; 및

상기 레이저 거리계와 전기적으로 연결되어 상기 레이저 거리계의 동작을 제어하며, 상기 청구항 1 또는 청구항 3에 기재된 발파 천공 위치 지정 방법 중 어느 하나의 방법을 수행할 수 있는 콘트롤러;를 구비하는 것을 특징으로 하는 발파 천공 위치 지정 시스템.

**청구항 6**

제5항에 있어서,

상기 레이저 거리계는 복수 개 구비되며,

상기 컨트롤러는 상기 복수의 레이저 거리계와 각각 전기적으로 연결되어 상기 레이저 거리계를 제어하는 것을 특징으로 하는 발파 천공 위치 지정 시스템.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 터널의 발파 기술에 관한 것으로서, 특히 터널 발파시 막장면에서 화약을 장약할 천공홀의 위치를 정확하게 측정하여 지정하기 위한 발파 천공위치 자동 지정 방법 및 시스템에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 터널 건설은 주로 발파에 의해 이루어진다. 도 1은 터널 형성을 위한 발파 과정을 매우 간소화시켜서 표현한 그림이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 터널(t)의 발파는 막장면(s)에 발파공(h)을 뚫고 화약을 장약한 후, 한번의 발파에 의해서 일정한 깊이(1, 굴진장)만큼 암석을 굴착하는 과정을 반복적으로 수행하여 이루어진다. 즉, 매번 발파시에 발파공을 다시 뚫고 장약 후 발파하는 과정을 반복한다.

[0003] 따라서, 발파에 의해 형성되는 터널의 형상이 미리 설계된 터널 단면과 동일하게 형성되기 위해서는 화약의 장약 위치(천공 위치)가 정확하게 측정되고 지정되어야 한다. 즉, 터널발파시 천공 위치의 정확도는 발파의 성패를 좌우할 수 있는 핵심 요소이다.

[0004] 이러한 이유로 발파공을 천공하는 점보드릴 장비에는 발파패턴 설계도를 운영프로그램에 탑재하여 발파공의 위치를 정확하게 특정한 후 천공할 수 있는 컴퓨터 천공 기능이 개발되었다.

[0005] 그러나 실제 발파현장에서는 점보드릴이 지니고 있는 컴퓨터 천공기능이 거의 사용되지 않고 있는데, 이와 같이 향상된 기술인 컴퓨터 천공기능이 사용되지 않는 주된 이유는 무엇보다 작업의 대상이 되는 터널의 막장면이 평탄하지 않은 데 있다고 할 수 있다. 즉, 미리 설계된 발파패턴(천공 위치)은 막장면이 평평하다는 전제하에 이루어진다. 매번 발파시마다 일정한 깊이로 굴진되고, 막장면은 평평하게 형성된다는 전제가 깔려 있다.

[0006] 그러나 터널발파 현장에서 나타나는 실제 터널의 막장면은 선행발파로 인하여 단면이 편평하지 않고 매우 불규칙하게 들쭉날쭉한 상태가 될 수밖에 없으며, 이렇게 요철이 심한 상태에서 컴퓨터 자동천공 모드로 점보드릴을 운용할 경우에는 점보드릴의 붐대(boom)를 필요한 천공좌에 정확히 위치시키는 것이 실제로 거의 불가능하게 되고, 자칫 잘못하면 샹크(shank)가 휘거나 부러질 수도 있으므로 작업의 위험도 높아질 수 있다. 따라서 실제 현장에서는 점보드릴이 갖고 있는 컴퓨터 천공기능이 거의 사용되지 않는다.

[0007] 그러나 천공위치의 정확도는 발파의 성패를 좌우할 수 있으며, 특히 심폐기공(cut-hole)을 설계도대로 정확한 위치에 천공하는 것은 지발발파의 특성상 더욱 중요하다고 할 수 있다. 이런 문제 때문에 현장의 작업자들은 천공에 들어가기 전에 막장단면 상의 발파공이 놓여야 할 위치를 매번 측정하여 페인트로 표시를 하는 소위 '마킹작업'을 수행한다. 즉, 발파공의 위치를 표시하기 위해 수작업으로 발파공의 위치를 찾고 그 자리에 페인트로 표시를 하는 마킹작업을 수행하게 된다.

[0008] 도 2는 이와 같은 종래의 수작업을 통해 마킹작업을 실시한 일례를 보여주는 사진이다. 도 2에서 볼 수 있듯이 수작업을 통해 마킹을 하는 경우에는 사람이 직접 울퉁불퉁한 막장면 상에서 줄자 등을 가지고 거리와 각도를 대략적으로 측정하여 천공위치를 표시하는 것이므로 사실상 정확하게 발파공 위치를 표시하기 어려울 뿐만 아니라 작업도 까다롭고 시간도 많이 소모되므로 비효율적이라 할 수 있다.

[0009] 무엇보다도 발파공의 위치 선정을 사람에 의한 수작업에 의존하기 때문에 작업조건이나 숙련도에 따라 발파공 위치 선정의 정밀성과 신뢰성이 결여될 수밖에 없어 많은 문제점을 야기하고 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0010] 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 레이저 거리계를 이용하여 터널발파에서 발파공의 천공위치를 정확하게 선정할 수 있어 터널 발파의 정밀성과 효율성을 향상시킬 수 있는 발파 천공 위치 지정 방법 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

**과제의 해결 수단**

- [0011] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 발파 천공 위치 지정 방법은 터널의 굴진방향을 z축으로 하고, 상기 굴진방향에 대하여 수직인 평면을 xy평면으로 정한 후, 터널 설계시 정해진 복수의 발파공들의 3차원 설계좌표값(x,y,z)이 입력되어 있는 레이저 거리계를 터널 막장면의 전방에 설치하고, 상기 레이저 거리계가 배치된 위치의 원점좌표값을 입력하는 설치단계; 상기 레이저 거리계에서 상기 발파공의 설계좌표값을 향하여 레이저를 발사하고 레이저가 상기 막장면 상에서 촛점이 맺히는 지점까지의 실측거리를 측정하는 측정단계; 상기 레이저 거리계로부터 설계상 좌표까지의 계산된 이론거리와 상기 측정단계에서 측정된 실측거리를 상호 비교하여 오차거리를 산출한 후, 상기 오차거리가 허용 범위 내에 있는지를 판단하는 비교단계; 및 상기 비교단계에서 상기 실측거리와 이론거리가 상기 허용 범위 내에 있는 경우 상기 막장면 상에서 레이저의 촛점이 맺힌 지점을 천공 위치로 확정하고, 상기 허용 범위를 넘는 경우 상기 설계좌표값을 보정한 후 상기 측정단계 및 비교단계를 다시 수행하여 상기 오차 거리를 상기 허용 범위 내로 수렴시켜 상기 천공 위치를 확정하는 보정단계;를 포함하여 이루어진 것에 특징이 있다.
- [0012] 본 발명에 따르면, 상기 보정단계에서, 상기 실측거리가 이론거리에 비하여 클 경우 상기 설계좌표값에서 z축 좌표값을 감소시키고, 상기 실측거리가 이론거리에 비하여 작을 경우 상기 설계좌표값에서 z축 좌표값을 증가시킨다.
- [0013] 그리고 본 발명의 일 실시예에서, 상기 허용 범위는 0.1~15mm이다.
- [0014] 또한, 상기 레이저 거리계는 복수 개 설치하며, 상기 복수의 레이저 거리계들 중에서 촛점이 가장 잘 맞은 레이저 거리계를 이용하여 실측거리를 측정하는 것이 바람직하다.
- [0015] 본 발명에 따른 천공 발파 위치 지정 시스템은, 터널의 발파 천공 위치를 지정하기 위한 것으로서, 레이저를 발사하여 레이저의 발사지점으로부터 상기 레이저의 촛점이 맺힌 지점까지의 거리를 측정가능한 레이저 거리계; 및 상기 레이저 거리계와 전기적으로 연결되어 상기 레이저 거리계의 동작을 제어하며, 상기한 발파 천공 위치 지정 방법을 수행할 수 있는 콘트롤러;를 구비하는 것에 특징이 있다.

**발명의 효과**

- [0016] 본 발명에 따르면 평평하게 형성되지 않은 실제 막장면에서 발파공의 천공 위치를 설계 패턴과 동일하게 정확하게 결정할 수 있으며, 이를 통해 터널 발파 설계안대로 발파를 수행할 수 있으므로 발파 품질이 향상될 뿐만 아니라 공기를 단축시키는 이점이 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0017] 도 1은 터널 발파과정을 설명하기 위한 개략적 도면이다.
- 도 2는 실제 터널 발파 현장의 막장면에 대한 개략적 사진이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 발파 천공 위치 지정 방법의 개략적 흐름도이다.
- 도 4는 막장면에 형성된 발파공을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5는 레이저 거리계를 막장면 전방에 설치한 상태를 표현한 도면이다.
- 도 6 및 도 7은 발파공의 위치를 선정하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0018] 이하, 첨부된 도면을 참고하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 발파 천공 위치 지정 방법 및 시스템에 대하여 더욱 상세히 설명한다.
- [0019] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 발파 천공 위치 지정 방법의 개략적 흐름도이며, 도 4는 막장면에 형성된 발파공을 설명하기 위한 도면이다.
- [0020] 도면을 참고하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 발파 천공 위치 지정 시스템 및 방법은 레이저 거리계를 이용하여 발파공을 천공할 위치를 정확하게 특정하기 위한 것이다.
- [0021] 발파공이란, 도 4에 도시된 바와 같이, 심발공(심빼기공), 바닥공, 확대공, 천정의곽공 등 다양하게

분류되지만, 화약을 장약하기 위한 것이라는 점에서 모두 동일하다. 다만, 심발부 내에는 화약을 장약하지 않는 무장약공이 배치될 수도 있으며, 본 발명에서 사용하는 발파공의 개념은 무장약공을 포함하는 개념으로 사용한다.

- [0022] 도 4를 참고하면, 발파는 막장면의 중앙부에 배치된 심발공으로부터 시작하여 외곽공까지 발파된다. 심발공은 후속적으로 발파되는 발파공에 대하여 자유면을 형성하는 역할을 한다. 역으로 설명하면, 심발공은 한 개의 자유면(막장면)만 있는 상태에서 발파되므로 일반적으로 화약이 가장 많이 장약되어야 하는 홀이다.
- [0023] 반면, 외곽공의 경우 암반을 발파 굴착함에 있어서 원지반을 최대한 손상시키지 않고 정확하게 발파되어야 하므로 제어발파(smooth blasting)가 적용되며, 천공의 각도, 방향 및 장약량이 매우 신중하게 제어되어야 하는 홀이다.
- [0024] 터널 발파는 상기한 바와 같이 다양한 발파공들에 대한 패턴과 장약량을 설계하는 것으로부터 시작된다. 터널 발파는 단계적으로 시행하는데, 한 번의 발파를 통해 일정 거리(굴진장)만큼 암석을 채굴하게 되는데, 발파를 여러 번 반복함으로써 전체 터널을 형성하게 된다. 발파 패턴은 터널의 전체 길이에 걸쳐 동일할 수도 있지만, 암반의 조건, 터널의 형상 등 제반 조건에 따라 일정 구간별로 변경되는 것이 일반적이다.
- [0025] 그리고 발파 패턴은 막장면이 평평한 것을 기준으로 설계되는데, 선행 발파에 의해서 새롭게 형성되는 막장면은 평평하게 형성되지 않는 것이 일반적이다. 이에 매번 발파시마다 발파공의 위치를 정확하게 측량하여 원래의 설계패턴에 부합하게 발파공을 천공해야 한다. 그러나, 선행 발파에 의해 터널의 막장면은 울퉁불퉁하게 형성되는 것이 보통이므로, 설계시 평면을 기준으로 특정된 발파공의 위치를 울퉁불퉁한 막장면에서 정확하게 지정하기란 용이하지 않다.
- [0026] 이에 앞서서도 설명하였듯이 종래에는 컴퓨터 천공기능이 포함된 점보드릴을 사용하고자 하였으나 울퉁불퉁한 막장면에서 장비 설치상의 문제로 적용이 제한되었으며, 결국 수작업에 의해 천공 위치를 선정해야 하는 문제가 있었다.
- [0027] 본 발명에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 레이저 거리계를 이용하여 발파공 위치를 선정할 수 있는 방법을 제공한다.
- [0028] 도 3 및 도 5를 참고하면, 본 발명에 따른 발파 천공 위치 지정 방법에서는 먼저 설치단계(S10)를 수행한다. 설치단계(S10)에서는 두 개의 레이저 거리계(11,12)를 거치대(15)에 설치한다.
- [0029] 레이저 거리계(11,12)는 레이저를 대상 물체에 발사하여 초점이 맞으면 레이저 발사지점으로부터 물체의 초점까지의 거리를 측정할 수 있는 공지의 장비이다. 본 발명에서는 레이저 거리계를 막장면(s)의 전방에 설치하고, 이를 이용하여 막장면의 특정 지점에 레이저를 발사하여 그 지점까지의 거리를 측정한다.
- [0030] 또한 설치단계(S10)에서는 레이저 거리계(11,12)가 설치된 위치의 좌표값을 콘트롤러(미도시)에 입력한다. 콘트롤러는 레이저 거리계의 일부분일 수도 있으며, 별도의 컴퓨터가 사용될 수도 있다. 설명의 편의상 레이저 거리계의 좌표값을 원점좌표값이라고 칭하기로 한다. 원점좌표값은 x,y,z의 3차원 좌표로 이루어지는데, 터널의 굴진방향을 z축으로 하고, z축에 대하여 수직한 평면을 xy평면으로 설정한다. xy평면은 막장면(s)의 평면방향과 일치한다.
- [0031] 또한, 콘트롤러에는 모든 발파공에 대한 3차원 좌표값이 입력되어 있다. 설명의 편의상 발파공에 대한 좌표값은 설계좌표값이라고 부르기로 한다. 따라서, 레이저 거리계에서는 원점좌표값과 설계좌표값을 이용하여 막장면(s)을 향해 레이저를 발사할 방향을 조절할 수 있다.
- [0032] 상기한 바와 같이, 설치단계(S10)가 완료되면, 본 발명에서는 측정단계(S20)를 수행한다. 측정단계(S20)는 레이저 거리계(11,12)로부터 설계좌표값을 향해 레이저를 발사하고, 실제 레이저의 초점이 맺히는 지점까지의 실측거리를 측정하기 위한 것이다.
- [0033] 본 발명에서는 하나의 레이저 거리계만을 사용할 수도 있지만, 복수의 레이저 거리계를 사용하는 것이 바람직하다. 막장면(s)은 평평하지 않고 울퉁불퉁하게 형성되므로, 레이저가 발사되는 각도와 방향에 따라 막장면(s)에 정확하게 초점이 형성되지 않는 경우가 발생할 수 있다. 이에 복수의 레이저 거리계(11,12)를 서로 다른 위치에 배치시키고, 정확하게 초점이 맞는 레이저 거리계를 이용하는 것이 바람직하다. 일반적인 레이저 거리계의 경우 초점이 정확하게 형성되면 신호음을 내므로, 신호음으로 초점이 맞는 레이저 거리계를 식별할 수 있다.
- [0034] 상기한 바와 같이 측정단계(S20)를 수행한 후에는 비교단계(S30) 및 보정단계(S40)를 수행한다. 도 6 및 도 7

을 참고하여, 비교단계(S30) 및 보정단계(S40)를 설명하기로 한다. 도 6 및 도 7은 발파공의 위치를 선정하는 과정을 설명하기 위한 도면으로서 막장면을 위에서 내려다 본 평면도이다.

- [0035] 비교단계(S30)에서는 측정단계(S20)에서 측정한 실측거리와 레이저 거리계로부터 설계좌표값까지의 이론거리의 대소를 비교한다. 이론거리란 설계좌표값과 레이저 거리계의 원점좌표값 사이에 이론적으로 계산된 거리이다. 즉, 터널 설계시 발파공에 대한 설계좌표값과 레이저 거리계의 좌표인 원점좌표값이 콘트롤러에 모두 입력되어 있으므로, 설계좌표값과 원점좌표값 사이의 직선 거리를 수학적으로 계산한 거리를 이론거리라고 한다.
- [0036] 도 6에는 예상 파단면과 실제 파단면이 나타나 있다. 예상파단면은 발파에 의해 파단면이 의도한 대로 평평하게 형성될 경우의 단면이지만, 실제 발파에 의해서 얻어지는 파단면은 도 6과 같이 굴곡이 있게 나타나기 마련이다.
- [0037] 도 6의 좌측에 표시된 P1 지점의 경우, 예상 파단면과 실제 파단면이 상호 일치하는 지점이다. 따라서 P1 지점의 경우 레이저 거리계를 이용하여 측정한 실측거리와 계산상 얻어지는 이론거리가 상호 일치한다.
- [0038] 도 6의 중앙부에 표시된 Q2 지점은 예상 파단면 상에 위치되어 있는 설계좌표값이다. 즉, 선행 발파에 의해 설계된 깊이만큼 암석이 고르게 채굴되어 파단면이 평평하게 형성된 경우 후속 발파를 위한 발파공을 천공할 지점이다. 그러나, 도 6에 도시된 바와 같이, 실제 파단면은 예상 파단면보다 후퇴해서 형성되어 있으므로, 측정단계(S20)에서 설계좌표값 Q2를 향해 레이저를 발사하면, 레이저의 쏠점이 맺히는 지점은 E2 지점이 된다. 콘트롤러에서는 레이저 거리계로부터 E2 지점까지의 실측거리를 측정하므로, Q2 지점까지의 이론거리보다 그 값이 크게 나타난다.
- [0039] 콘트롤러에서는 이론거리와 실측거리를 비교한 후, 그 오차가 허용 범위 내에 있다면, 실측점(레이저의 쏠점이 맺힌 지점)을 발파공의 위치로 선정한다. 그러나 실측거리와 이론거리 사이의 오차가 허용 범위를 초과하는 경우라면 보정을 통해 발파공의 위치를 선정하는 보정단계(S40)를 거친다. 보정단계(S40)에서는 설계좌표값에서 Z축 상의 좌표를 변경함으로써 이루어진다. 즉, 도 6에 표시된 Q2 지점까지의 이론거리가 E2 지점까지의 실측 거리에 비하여 허용 범위를 초과한 수준에서 짧으므로, 콘트롤러에서는 Q2의 설계좌표값에서 Z축 상의 값을 감소시킨다(원점을 어떻게 잡느냐에 따라서 증가분으로 설정할 수도 있다).
- [0040] Z축 상의 좌표를 변경해가면서, 최종적으로 P2 지점까지 설계좌표값을 변경하면 이론거리와 실측거리가 허용 범위 내에서 일치하게 된다. 콘트롤러에서는 이 지점을 발파공 천공 위치로 선정한다. 결국, 보정단계를 통해 xy평면 상에서의 위치는 고정된 상태로 z축의 좌표만을 변경함으로써 2차원의 막장면(s) 상에서는 일정한 지점을 발파하게 되는 것이다.
- [0041] 실측거리와 이론거리 사이의 거리 차이에 대한 허용 범위는 발파 조건이나 설계 기준 등에 따라 달라질 수 있으며, 일반적으로는 0.1~15mm 사이의 범위에서 정해질 수 있다.
- [0042] 도 6에서는 실제 파단면이 예상 파단면보다 오목하게 형성된 경우였지만, 도 7에서는 반대로 실제 파단면이 예상 파단면보다 볼록하게 형성된 경우가 나타나 있다.
- [0043] 도 7을 참고하면, 예상 파단면 상의 설계좌표값 Q3는 암반 내부에 위치되어 있다. 즉 발파에 의한 채굴이 모자란 경우이다. 레이저 거리계에서 Q3 설계좌표값을 향해 레이저를 발사하면 쏠점은 E3 지점에 맺히게 되므로, 실측거리가 이론거리에 비하여 훨씬 짧게 된다. 콘트롤러는 허용 범위를 넘어서 오차가 발생했으므로, 보정을 통해 z축 상의 좌표를 점진적으로 증가시켜 새로운 설계좌표값 Qm을 생성하여 측정단계(S20)와 비교단계(S30)를 반복적으로 수행한다. 최종적으로 P3 지점에서는 실측거리와 이론거리가 동일해지므로 콘트롤러에서는 P3 지점을 후속 발파를 위한 발파공 위치로 선정한다.
- [0044] 본 발명에 따른 시스템에서는 막장면 상의 모든 발파공에 대하여 상기한 과정을 거쳐 발파공의 천공 위치를 선정하게 된다.
- [0045] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 시스템에서는 레이저 거리계를 이용하여 거리를 실측하고, 콘트롤러에 입력되어 있는 알고리즘을 통해 이론거리와실측거리의 비교를 통해 선행 발파에 따라 형성된 막장면의 형상에 대응하여 실제 발파공을 천공할 위치를 정확하게 선정할 수 있다.
- [0046] 본 발명에 의하면 z축 값의 변화를 통해 막장면의 평면상에서 발파공의 좌표(x,y 좌표)값의 동일성을 그대로 유지하여 발파공의 위치를 선정할 수 있으므로, 설계에서 원하는 패턴대로 터널 발파를 수행할 수 있으므로 발파 품질이 향상되는 이점이 있다.

[0047] 더욱이, 종래에 작업자에 의해서 발과공 위치를 측량하고 발과공 위치를 마킹하는 과정에 비하여, 본 발명을 이용하면 작업시간이 획기적으로 단축될 뿐만 아니라 정확성도 향상되므로 본 발명을 터널 발과에 적용하는데 따른 실질적이고 경제적인 이점은 매우 크다고 할 것이다.

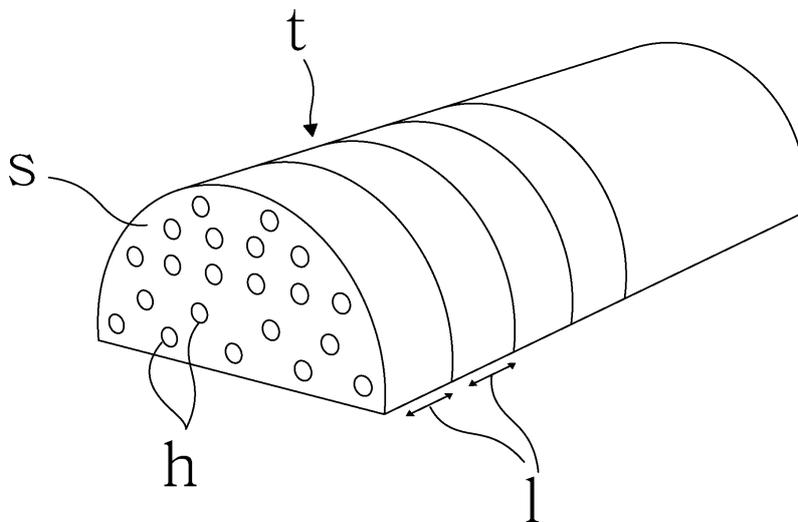
[0048] 본 발명은 첨부된 도면에 도시된 일 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 보호 범위는 첨부된 청구 범위에 의해서만 정해져야 할 것이다.

**부호의 설명**

- [0049] S10 ... 설치단계                      S20 ... 측정단계  
 S30 ... 비교단계                      S40 ... 보정단계  
 s ... 막장면                          11,12 ... 레이저 거리계

**도면**

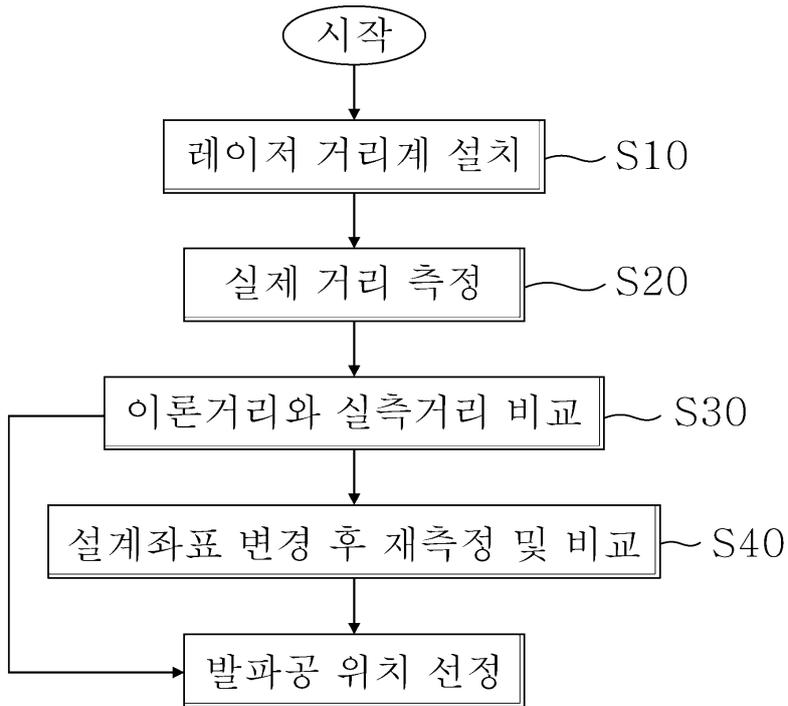
**도면1**



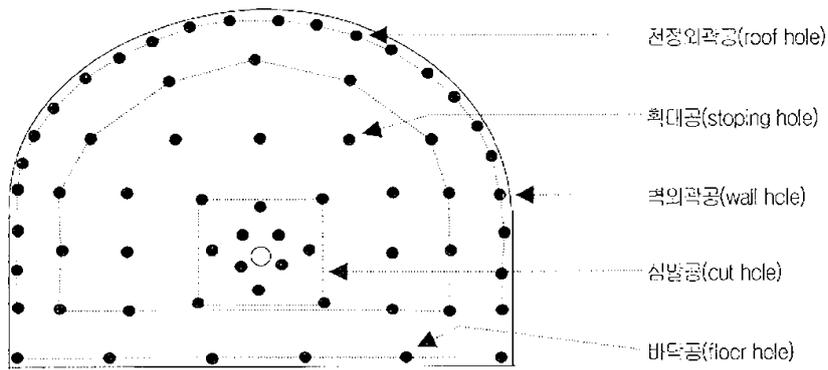
**도면2**



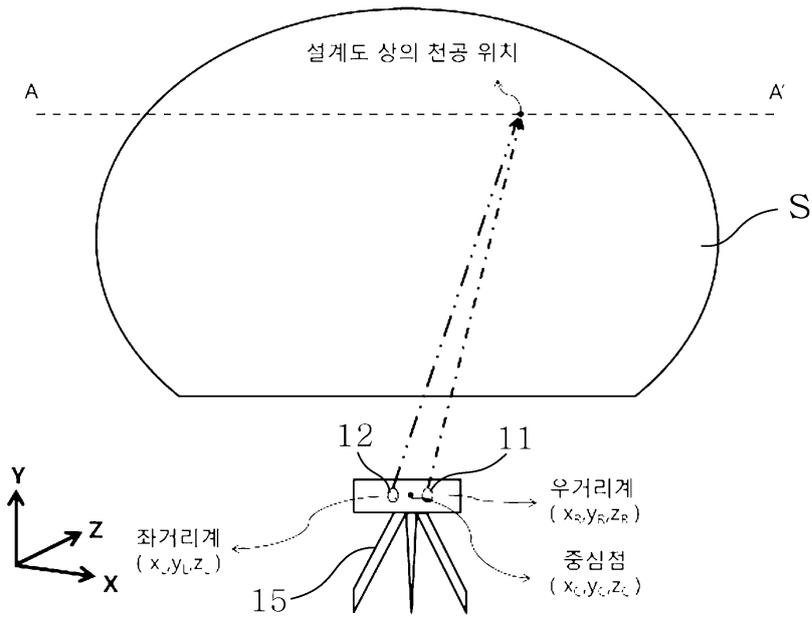
도면3



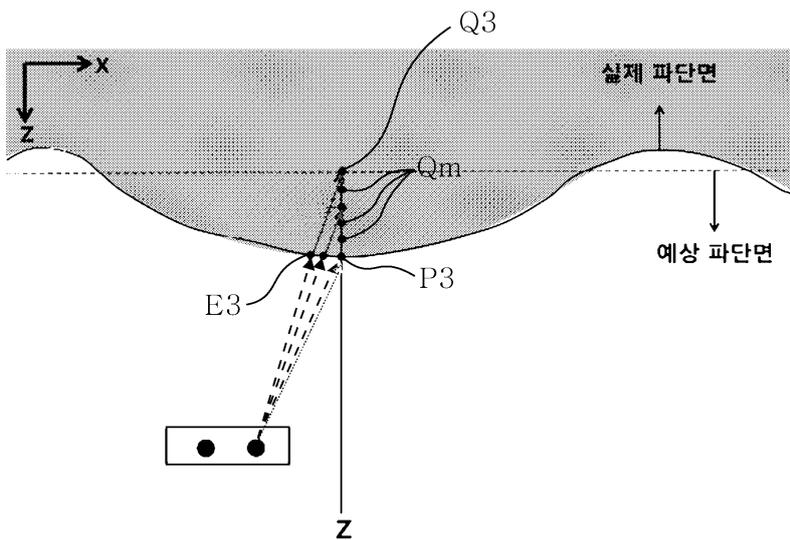
도면4



도면5



도면6



도면7

