



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0043675
(43) 공개일자 2020년04월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

E21C 25/20 (2006.01) E21C 25/66 (2006.01)

E21C 27/02 (2006.01) E21C 37/02 (2006.01)

(52) CPC특허분류

E21C 25/20 (2013.01)

E21C 25/66 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0124323

(22) 출원일자 2018년10월18일

심사청구일자 2018년10월18일

(71) 출원인

한국생산기술연구원

충청남도 천안시 서북구 입장면 양대기로길 89

(72) 발명자

조정우

서울특별시 강남구 개포로110길 43, 102-902 (개포한신아파트)

오주영

대전광역시 동구 우암로 192 아침마을 104동 301호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

차형석

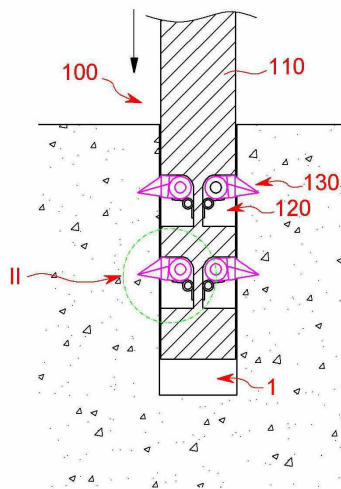
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 암반의 인장 균열 형성 촉진과 방향 제어를 위한 천공홀 노치 형성 장치 및, 그 방법

(57) 요약

본 발명은 천공홀의 벽면에 노치를 형성하는 장치와 방법에 대한 것이다. 본 발명은 천공홀의 벽면에 노치를 형성함으로써, 썰기를 이용한 암반 파쇄시 인장 균열의 형성을 촉진하고 인장 균열의 방향을 제어할 수 있으며, 기존에 썰기를 압입하기 위해 사용되던 유압 장비의 압입 에너지를 절감할 수 있고, 균질한 형태의 암석 블록을 생산할 수 있다.

대표도 - 도2a



(52) CPC특허분류

E21C 27/02 (2013.01)

E21C 37/02 (2013.01)

(72) 발명자

송창현

경기도 광주시 초월읍 설월길36번길 18 한주웰시티
B동 202호

이상민

대구광역시 달서구 송현로7길 9, 2108동 2305호 (상인동, 상인화성파크드림2단지아파트)

김대지

경기도 파주시 광탄면 동거리길 32, 1층

조민기

대구광역시 동구 안심로7길 7, 107동 901호(용계동, 율하역엘크루아파트)

정호영

서울특별시 관악구 관악로 599 서울대학교 135동 518호

명세서

청구범위

청구항 1

암반에 형성된 천공홀에 삽입될 수 있고, 길이 방향으로 길게 형성된 치즐(110);

치즐(110)에 형성된 홈(120)(220); 및,

홈(120)(220)에 회동 가능하거나 슬라이딩 가능하도록 설치된 블레이드(130)(230);를 포함하고,

치즐(110)이 천공홀의 바닥을 향해 하강할 때에는 블레이드(130)(230)가 홈(120)(220)에서 돌출되어 천공홀의 벽면에 노치를 형성하고, 치즐(110)이 천공홀의 입구를 향해 상승할 때에는 블레이드(130)(230)가 홈(120)(220)의 내부로 인입되어 벽면과의 마찰이 방지되거나 최소화되는 것을 특징으로 하는, 암반의 인장파괴를 위한 천공홀의 노치 형성 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

블레이드(130)는,

회동축(131);

회동축(131)에서 연장되어 형성되고, 천공홀의 벽면에 노치를 형성하는 날개부(134); 및,

날개부(134)가 측방향으로 펼쳐지도록 탄성력을 제공하는 탄성부재(137);를 포함하고,

치즐(110)이 천공홀의 바닥을 향해 하강할 때에는 날개부(134)가 상기 탄성력과 벽면과의 마찰력에 의해 측방향으로 펼쳐지고, 치즐(110)이 천공홀의 입구를 향해 상승할 때에는 날개부(134)가 상기 탄성력을 극복하면서 수직 방향으로 회동하는 것을 특징으로 하는, 암반의 인장파괴를 위한 천공홀의 노치 형성 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

블레이드(230)는,

스틱부(231); 및,

스틱부(231)에서 연장되어 형성된 날개부(234);를 포함하고,

홈(220)은,

스틱부(231)가 삽입된 상태에서 슬라이딩될 수 있는 제1 홈(221);

제1 홈(221)과 연결되어 통하고, 날개부(234)의 상승과 하강을 제한하는 턱(224)(225)을 가진 제2 홈(223);을 포함하며,

제1 홈(221)은 제2 홈(223)의 상측에 형성되되, 제1 홈(221)은 외부로 향해 경사지도록 형성되고, 이에 따라 치즐(110)이 천공홀의 바닥을 향해 이동할 때 천공홀의 벽면과 날개부(234) 사이의 마찰력으로 인해 스틱부(231)가 제1 홈(221)에 의해 가이드되면서 위로 이동되고 날개부(234)는 홈(220)의 바깥쪽으로 돌출되며, 치즐(110)이 천공홀의 입구를 향해 이동할 때 천공홀의 벽면과 날개부(234) 사이의 마찰력으로 인해 스틱부(231)가 제1 홈(221)에 의해 가이드되면서 아래로 이동되고 날개부(234)는 홈(220)의 내부로 인입되는 것을 특징으로 하는, 암반의 인장파괴를 위한 천공홀의 노치 형성 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

제1 홈(221)에는 스틱부(231)에게 탄성력을 제공하는 탄성 부재(237)가 설치되고,

탄성 부재(237)는 블레이드(230)를 아래로 미는 힘을 인가하며, 이에 따라 천공홀의 벽면과 날개부(234) 사이의 마찰력이 존재하지 않을 때 날개부(234)의 선단이 홈(220)의 외부에 돌출된 것을 특징으로 하는, 암반의 인장파괴를 위한 천공홀의 노치 형성 장치.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

홈(120)(220)은 치즐(110)의 외부면에 원주 방향으로 소정 간격으로 형성되며 인장균열을 형성하려는 방향을 향하고, 블레이드(130)(230)는 각각의 홈(120)(220)에 설치되며,

치즐(110)은 타격력에 의해 천공홀에 압입되는 것을 특징으로 하는, 암반의 인장파괴를 위한 천공홀의 노치 형성 장치.

청구항 6

암반에 형성된 천공홀에 삽입될 수 있고, 길이 방향으로 길게 형성된 제1 가이드 부재(320)와 제2 가이드 부재(330); 및,

상기 길이 방향으로 길게 형성된 치즐(310);을 포함하고,

제1,2 가이드 부재(320)(330)는 천공홀의 내부에서 서로 마주보도록 설치되며, 제1,2 가이드 부재(320)(330) 사이에는 공간(324)이 형성되고, 제1 가이드 부재(320)에는 상기 길이 방향으로 관통공(326)이 소정 간격으로 형성되며, 관통공(326)에는 인텐터(350)가 설치되고,

치즐(310)이 공간(324)에 삽입되어 인텐터(350)가 측방향으로 가압되면 천공홀의 벽면에 노치가 형성되고, 치즐(310)이 공간(324)으로부터 이탈하여 상기 가압이 제거되면 인텐터(350)가 원위치로 복귀되는 것을 특징으로 하는, 암반의 인장파괴를 위한 천공홀의 노치 형성 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

인텐터(350)는,

경사부(351); 및,

경사부(351)에서 연장되어 형성된 노칭부(353);를 포함하고,

치즐(310)이 공간(354)에 삽입될 때 치즐(310)이 경사부(351)를 가압하면 인텐터(350)가 천공홀 벽면쪽으로 이동하는 것을 특징으로 하는, 암반의 인장파괴를 위한 천공홀의 노치 형성 장치.

청구항 8

(a) 다수 개의 천공홀을 암반에 굴착하는 단계; 및,

(b) 천공홀의 벽면에 노치를 형성하는 단계;를 포함하고,

노치는 인장 균열을 형성하려는 방향으로 형성되며,

상기 (b) 단계는,

(b1) 치즐(110)이 천공홀의 바닥을 향해 하강할 때, 블레이드(130)(230)가 상기 벽면과의 마찰력으로 인해 측방향으로 돌출되어 벽면에 노치를 형성하는 단계; 및,

(b2) 치즐(110)이 천공홀의 입구를 향해 상승할 때, 블레이드(130)(230)가 치즐(110)의 내측으로 이동하여 블레이드(130)(230)와 벽면의 마찰을 없애거나 최소화하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는, 암반의 인장파괴를 위한 천공홀의 노치 형성 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 (b1) 단계에서,

치즐(110)은 타격에 의해서 천공홀에 압입되고 블레이드(130)(230)는 벽면과의 마찰에 의해서 회동되거나 슬라이딩되어 측방향으로 돌출되는 것을 특징으로 하는, 암반의 인장파괴를 위한 천공홀의 노치 형성 방법.

청구항 10

(i) 다수 개의 천공홀을 암반에 굴착하는 단계; 및,

(ii) 천공홀의 벽면에 노치를 형성하는 단계;를 포함하고,

노치는 인장 균열을 형성하려는 방향으로 형성되며,

상기 (ii) 단계는,

(ii-1) 제1,2 가이드 부재(320)(330)를 천공홀에 삽입하는 단계;

(ii-2) 상기 (ii-1) 단계 이후에, 제1,2 가이드 부재(320)(330) 사이에 치즐(310)을 삽입하여 인텐터(350)가 천공홀 벽면을 가압하도록 함으로써 벽면에 노치를 형성하는 단계; 및,

(iii-3) 상기 (ii-2) 단계 이후에, 제1,2 가이드 부재(320)(330)와 치즐(310)을 천공홀에서 꺼내는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는, 암반의 인장파괴를 위한 천공홀의 노치 형성 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

제1,2 가이드 부재(320)(330)와 치즐(310)은 천공홀의 길이 방향을 따라 길게 형성되고,

인텐터(350)는 제1 가이드 부재(320)에 소정 간격으로 설치되며, 노치는 상기 길이 방향을 따라 소정 간격으로 형성되며 2mm ~ 4mm의 길이(d_n)로 형성되는 것을 특징으로 하는, 암반의 인장파괴를 위한 천공홀의 노치 형성 방법.

청구항 12

(α) 다수 개의 천공홀을 암반에 굴착하는 단계; 및,

(β) 천공홀의 벽면에 노치를 형성하는 단계;를 포함하고,

노치는 인장 균열을 형성하려는 방향으로 형성되며,

상기 (β) 단계는 원형 커터(410)가 회전되고 있는 상태에서 원형 커터(410)를 천공홀의 길이 방향으로 이동시킴으로써 노치를 형성하고, 원형 커터(410)는 천공홀의 직경 보다 큰 직경을 가지며, 노치의 길이(d_n)는 아래 식으로 계산되는 것을 특징으로 하는, 암반의 인장파괴를 위한 천공홀의 노치 형성 방법.

[식]

$$d_n = \frac{D_c - D_h}{2}$$

위 식에서,

D_c : 원형 커터의 직경

D_h : 천공홀의 직경

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 천공홀의 벽면에 노치를 형성하는 장치와 방법에 대한 것으로서, 더욱 구체적으로는, 켄기를 이용한

[0001]

암반 파쇄시, 천공홀의 벽면에 노치를 형성함으로써 인장 균열의 형성 촉진과 방향 제어를 할 수 있으며 기존에 썰기를 압입하기 위해 사용되던 유압 장비의 압입 에너지를 절감할 수 있고 균질한 형태의 암석 블록을 생산할 수 있는 장치와 방법에 대한 것이다.

배경 기술

- [0002] 통상적으로, 터널, 지하 공간, 암반 사면 등의 시공에서 암반을 제거하기 위해 발파 공법이 많이 사용되고 있지만 발파시 발생하는 진동과 소음으로 인해서 도심 지역, 주요 건물 인접지역 등에서는 무진동, 무소음 암반파쇄 공법이 사용되기도 한다.
- [0003] 무진동, 무소음 암반 파쇄를 위해서 슈퍼웨지 공법(Super wedge 공법)이 제안된 바 있는데, 이 공법은 암반에 다수 개의 천공홀을 굴착한 후 천공홀에 썰기를 삽입하여 암반에 인장 균열을 발생시켜 제거하는 공법이다.
- [0004] 도 1은 슈퍼웨지 공법을 이용한 암반 파쇄를 예시적으로 보여준다. 인장 균열은 암반 스플리팅 방향(y 방향)과 직교되는 방향(x 방향)으로 전파되어 이웃하는 천공홀(1)과 연결되는 것이 가장 이상적이다.
- [0005] 그러나, 실제로는 원형 천공홀(1)의 둘레에 불필요한 균열이 많이 발생하는데, 이것은 압입 에너지의 낭비로 이어지므로 유압 실린더의 추력이 더 많이 필요하게 된다. 그리고, 스플리팅되는 암석 블록의 크기가 작아지고 시공 속도도 그만큼 저하되며, 불균질한 형태의 암석 파편이 발생하므로 석재로서의 가치가 없게 된다.
- [0006] 도 1의 점선 내부는 썰기 삽입시 방사형으로 전파되는 불필요한 균열을 보여준다. 구체적으로, A 부분의 균열(중앙부 균열)은 스플리팅 방향으로 자유면까지 전파되는데 암석 블록을 사전에 분리시킴으로써 인접 천공홀(1)과 연결되는 인장 균열의 전파를 방해한다. 그리고, B, C 부분의 균열은 천공홀(1) 둘레에 방사형으로 형성되는 것으로서, 인장 균열 전파에 사용되어야 할 에너지를 분산시킨다.
- [0007] 한편, 썰기(7)는 일정한 추력(압입력)을 인가하는 유압 장비(도 1에 미도시)에 의해서 천공홀(1)에 압입되는데, 일정한 추력(압입력)을 인가하는 경우는 변형률 속도가 낮기 때문에 암석 균열의 성장 속도가 낮아지고 타격식에 비해서 더 높은 압력 에너지가 필요하다는 문제점이 있다.
- [0008] 따라서, 슈퍼 웨지 공법을 적용할 때, 인장 균열의 형성을 촉진하고 그 방향을 제어할 수 있으며, 에너지를 절약할 수 있는 방안이 필요한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 출원인은 상기 문제점을 해결하기 위해 오랜 시간동안 연구한 결과, 천공홀의 벽면에 노치를 형성하면 인장 균열의 생성이 촉진되고 그 방향도 제어할 수 있다는 결론에 도달하게 되었다. 구체적으로, 암반에 다수 개의 천공홀을 굴착한 후, 천공홀의 벽면에 노치를 형성하고 썰기로 파쇄하면 인장 균열이 노치로부터 발생 및 전파되어 이웃하는 천공홀에 연결되고, 불필요한 균열(예를 들어, 천공홀 주변에 형성되는 방사형 균열)을 방지할 수 있으며, 파쇄에 소요되는 에너지도 절감할 수 있다는 것을 알게 되었다.
- [0010] 노치를 형성하기 위한 장치(노치 형성 장치)는 일정한 추력(압입력)에 의한 압입 보다는 타격에 의한 압입이 바람직하는데, 타격에 의한 압입은 일정한 추력에 의한 압입 보다 압입력이 5~10배 정도 크므로 천공홀 벽면과의 마찰력을 극복하고 노치를 효과적으로 형성할 수 있다.
- [0011] 그러나, 노치를 형성한 후 장치를 천공홀 밖으로 꺼낼 때에는 천공홀 벽면과의 마찰력 보다 큰 힘으로 장치를 인출해야 하는데, 대부분의 굴착 장비는 치즐 하강(압입)시의 타격력이 상승(회수)시의 견인력 보다 매우 크다(대략 10배 정도 큼). 따라서, 굴착 장비의 견인력(회수 압력)이 마찰력 보다 작을 경우 노치 형성 장치의 회수가 불가능하게 된다는 문제점이 있다. 그리고, 노치의 길이(깊이)를 크게 하면 인장 균열의 발생과 전파에 유리하지만, 그 길이가 긴 만큼 노치 형성 작업에 많은 에너지가 소요된다.
- [0012] 본 출원인은 이러한 점을 해결하기 위해서, 천공홀 압입시(삽입시)에는 노치를 형성할 수 있고 회수시(인출시)에는 마찰력이 없거나 최소화되는 장치를 개발하였다. 그리고, 본 출원인은 인장 균열 발생과 전파에 효과적이면서도 에너지 소비를 크게 증가시키지 않는 노치 길이도 도출하였다.
- [0013] 위에서 설명한 바와 같이, 본 발명은 천공홀의 벽면에 노치를 형성하는 장치와 그 방법을 제공하고자 하는 목적을 갖고 있다.

- [0014] 본 발명의 또 다른 목적은 천공홀 압입시(삽입시)에는 노치를 형성할 수 있고 회수시(인출시)에는 마찰력이 없거나 최소화되는 장치와 방법을 제공하는 데 있다.
- [0015] 본 발명의 또 다른 목적은 천공홀의 벽면에 노치를 형성함으로써 압반 파쇄시 사용되는 에너지를 절감할 수 있도록 하는 노치 형성 장치와 그 방법을 제공하는 데 있다.
- [0016] 본 발명의 또 다른 목적은 인장 균열 발생과 전파에 효과적이면서도 에너지 소비를 크게 증가시키지 않는 노치 길이를 도출하는 데 있다.
- [0017] 본 발명의 또 다른 목적은 타격력에 의해 천공홀에 압입될 수 있는 노치 형성 장치와 그 방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

- [0018] 본 발명의 제1,2 실시예에 따른 노치 형성 장치(100)(200)는, 압반에 형성된 천공홀(1)에 삽입될 수 있고, 길이 방향으로 길게 형성된 치즐(110); 치즐(110)에 형성된 홈(120)(220); 및, 홈(120)(220)에 회동 가능하거나 슬라이딩 가능하도록 설치된 블레이드(130)(230);를 포함한다.
- [0019] 치즐(110)이 천공홀(1)의 바닥을 향해 하강할 때에는 블레이드(130)(230)가 홈(120)(220)에서 돌출되어 천공홀(1)의 벽면에 노치(3)를 형성하고, 치즐(110)이 천공홀(1)의 입구를 향해 상승할 때에는 블레이드(130)(230)가 홈(120)(220)의 내부로 인입되어 벽면과의 마찰이 방지되거나 최소화된다.
- [0020] 바람직하게, 블레이드(130)는, 회동축(131); 회동축(131)에서 연장되어 형성되고, 천공홀(1)의 벽면에 노치(3)를 형성하는 날개부(134); 및, 날개부(134)가 측방향으로 펼쳐지도록 탄성력을 제공하는 탄성부재(137);를 포함한다.
- [0021] 치즐(110)이 천공홀(1)의 바닥을 향해 하강할 때에는 날개부(134)가 상기 탄성력과 벽면과의 마찰력에 의해 측방향으로 펼쳐지고, 치즐(110)이 천공홀(1)의 입구를 향해 상승할 때에는 날개부(134)가 상기 탄성력을 극복하면서 수직 방향으로 회동할 수 있다.
- [0022] 바람직하게, 블레이드(230)는, 스틱부(231); 및, 스틱부(231)에서 연장되어 형성된 날개부(234);를 포함한다. 그리고, 홈(220)은, 스틱부(231)가 삽입된 상태에서 슬라이딩될 수 있는 제1 홈(221); 제1 홈(221)과 연결되어 통하고, 날개부(234)의 상승과 하강을 제한하는 턱(224)(225)을 가진 제2 홈(223);을 포함할 수 있다.
- [0023] 제1 홈(221)은 제2 홈(223)의 상측에 형성되되, 제1 홈(221)은 외부를 향해 경사지도록 형성되고, 이에 따라 치즐(110)이 천공홀(1)의 바닥을 향해 이동할 때 천공홀(1)의 벽면과 날개부(234) 사이의 마찰력으로 인해 스틱부(231)가 제1 홈(221)에 의해 가이드되면서 위로 이동되고 날개부(234)는 홈(220)의 바깥쪽으로 돌출된다. 그리고, 치즐(110)이 천공홀(1)의 입구를 향해 이동할 때 천공홀(1)의 벽면과 날개부(234) 사이의 마찰력으로 인해 스틱부(231)가 제1 홈(221)에 의해 가이드되면서 아래로 이동되고 날개부(234)는 홈(220)의 내부로 인입된다.
- [0024] 제1 홈(221)에는 스틱부(231)에게 탄성력을 제공하는 탄성 부재(237)가 설치될 수도 있다. 탄성 부재(237)는 블레이드(230)를 아래로 미는 힘을 인가하며, 이에 따라 천공홀(1)의 벽면과 날개부(234) 사이의 마찰력이 존재하지 않을 때 날개부(234)의 선단이 홈(220)의 외부에 돌출될 수 있다.
- [0025] 홈(120)(220)은 치즐(110)의 외부면에 원주 방향으로 소정 간격으로 형성되되 인장균열을 형성하려는 방향을 향하고, 블레이드(130)(230)는 각각의 홈(120)(220)에 설치될 수 있다. 그리고, 치즐(110)은 타격력에 의해서 천공홀(1)에 압입되는 것이 바람직하다.
- [0026] 본 발명의 제3 실시예에 따른 노치 형성 장치(300)는, 압반에 형성된 천공홀(1)에 삽입될 수 있고, 길이 방향으로 길게 형성된 제1 가이드 부재(320)와 제2 가이드 부재(330); 및, 상기 길이 방향으로 길게 형성된 치즐(310);을 포함할 수 있다.
- [0027] 제1,2 가이드 부재(320)(330)는 천공홀(1)의 내부에서 서로 마주보도록 설치되되, 제1,2 가이드 부재(320)(330) 사이에는 공간(324)이 형성되고, 제1 가이드 부재(320)에는 상기 길이 방향으로 관통공(326)이 소정 간격으로 형성되며, 관통공(326)에는 인텐터(350)가 설치될 수 있다.
- [0028] 치즐(310)이 공간(324)에 삽입되어 인텐터(350)가 측방향으로 가압되면 천공홀(1)의 벽면에 노치(3)가 형성되고, 치즐(310)이 공간(324)으로부터 이탈하여 상기 가압이 제거되면 인텐터(350)가 원위치로 복귀될 수 있다.

- [0029] 바람직하게, 인텐터(350)는, 경사부(351); 및, 경사부(351)에서 연장되어 형성된 노칭부(353);를 포함한다. 치즐(310)이 공간(354)에 삽입될 때 치즐(310)이 경사부(351)를 가압하면 인텐터(350)가 천공홀 벽면쪽으로 이동할 수 있다.
- [0030] 한편, 본 발명에 따른 노치 형성 방법은, (a) 다수 개의 천공홀(1)을 암반에 굴착하는 단계; 및, (b) 천공홀(1)의 벽면에 노치(3)를 형성하는 단계;를 포함할 수 있다. 노치(3)는 인장 균열을 형성하려는 방향으로 형성된다.
- [0031] 상기 노치 형성 단계는, (b1) 치즐(110)이 천공홀(1)의 바닥을 향해 하강할 때, 블레이드(130)(230)가 상기 벽면과의 마찰력으로 인해 측방향으로 돌출되어 벽면에 노치(3)를 형성하는 단계; 및, (b2) 치즐(110)이 천공홀(1)의 입구를 향해 상승할 때, 블레이드(130)(230)가 치즐(110)의 내측으로 이동하여 블레이드(130)(230)와 벽면의 마찰을 없애거나 최소화하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0032] 상기 (b1) 단계에서, 치즐(110)은 타격에 의해서 천공홀(1)에 압입되고 블레이드(130)(230)는 벽면과의 마찰에 의해서 회동되거나 슬라이딩되어 측방향으로 돌출될 수 있다.
- [0033] 상기 노치 형성 단계는, 제1,2 가이드 부재(320)(330)를 천공홀(1)에 삽입하는 단계; 제1,2 가이드 부재(320)(330) 사이에 치즐(310)을 삽입하여 인텐터(350)가 천공홀(1) 벽면을 가압하도록 함으로써 벽면에 노치(3)를 형성하는 단계; 및, 제1,2 가이드 부재(320)(330)와 치즐(310)을 천공홀(1)에서 꺼내는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0034] 제1,2 가이드 부재(320)(330)와 치즐(310)은 천공홀(1)의 길이 방향을 따라 길게 형성되고, 인텐터(350)는 제1 가이드 부재(320)에 소정 간격으로 설치되며, 노치(3)는 상기 길이 방향을 따라 소정 간격으로 형성되되 2mm ~ 4mm의 길이(깊이, d_n)로 형성되는 것이 바람직하다.
- [0035] 상기 노치 형성 단계는, 원형 커터(410)가 회전되고 있는 상태에서 원형 커터(410)를 천공홀(1)의 길이 방향으로 이동시킴으로써 노치(3)를 형성할 수 있다. 원형 커터(410)는 천공홀(1)의 직경 보다 큰 직경을 가지며, 노치(3)의 길이(d_n)는 아래 식으로 계산될 수 있다.

[0036] [식]

$$d_n = \frac{D_c - D_h}{2}$$

[0037]

[0038] 위 식에서,

[0039] D_c : 원형 커터의 직경

[0040] D_h : 천공홀의 직경

발명의 효과

- [0041] 본 발명은 다음과 같은 효과를 갖는다.
- [0042] 첫째, 썰기를 이용하여 암반을 인장 파쇄할 때(즉, 슈퍼웨이 공법으로 암반을 인장 파쇄할 때), 천공홀의 벽면에 노치를 형성함으로써 인장 균열 발생을 촉진하고 인장 균열의 방향을 제어할 수 있으며 암반 파쇄시 사용되는 에너지를 절감할 수 있다.
- [0043] 둘째, 천공홀 압입시(삽입시)에는 블레이드가 측방향으로 돌출되어 천공홀 벽면에 노치를 형성할 수 있고 회수시(인출시)에는 천공홀 벽면과 블레이드 사이의 마찰력을 없애거나 최소화할 수 있다.
- [0044] 셋째, 인장 균열 발생과 전파에 효과적이면서도 에너지 소비를 크게 증가시키지 않는 노치 길이를 제공한다.
- [0045] 넷째, 일정한 압입력이 아니라, 타격력을 이용하여 블레이드를 천공홀에 압입함으로써 압입 에너지를 절감할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0046] 도 1은 슈퍼웨이 공법에서 썰기에 의해 암반에 발생된 인장 균열을 예시적으로 보여주는 사시도.

도 2a는 본 발명의 제1 실시예에 따른 노치 형성 장치의 작동을 보여주는 단면도로서, 치즐이 천공홀에 삽입될 때를 보여주는 도면.

도 2b는 도 2a의 II 부분을 확대한 도면.

도 3a는 도 2a의 치즐이 천공홀에서 인출될 때를 보여주는 단면도.

도 3b는 도 3a의 III 부분을 확대한 도면.

도 4a는 본 발명의 제2 실시예에 따른 노치 형성 장치의 작동을 보여주는 단면도로서, 치즐이 천공홀에 삽입될 때를 보여주는 도면.

도 4b는 도 4a의 IV 부분을 확대한 도면.

도 5a는 도 4a의 치즐이 천공홀에서 인출될 때를 보여주는 단면도.

도 5b는 도 5a의 V 부분을 확대한 도면.

도 6은 본 발명의 제3 실시예에 따른 노치 형성 장치를 보여주는 분해 사시도.

도 7a는 도 6의 노치 형성 장치의 치즐이 가이드 부재에 삽입될 때를 보여주는 단면도로서, 블레이드가 홈 내부에 위치한 것을 보여주는 도면.

도 7b는 도 7a의 VII 부분을 확대한 도면.

도 8a는 도 6의 치즐이 가이드 부재에 삽입될 때를 보여주는 단면도로서, 블레이드가 홈 외부로 돌출된 것을 보여주는 도면.

도 8b는 도 8a의 VIII 부분을 확대한 도면.

도 9a는 본 발명의 제4 실시예에 따른 노치 형성 장치가 천공홀에 압입되는 것을 보여주는 단면도.

도 9b는 도 9a의 노치 형성 장치에 의해서 천공홀 벽면에 노치가 형성된 것을 보여주는 단면도.

도 10a는 노치의 효과를 수치 해석하기 위한 3차원 해석 모델을 보여주는 사시도.

도 10b는 도 10a의 X-X' 단면을 보여주는 도면.

도 11은 노치가 없는 3차원 해석 모델의 단면도.

도 12는 도 10a의 3차원 해석 모델의 경계 조건을 보여주는 도면.

도 13은 도 11의 3차원 해석 모델의 경계 조건을 보여주는 도면.

도 14a ~ 14e는 시간에 따른 인장 균열의 전파를 보여주는 도면으로서, 각 도면의 좌측은 노치가 있는 경우(도 10a의 3차원 해석 모델)의 인장 균열 전파를 보여주고 각 도면의 우측은 노치가 없는 경우(도 11의 3차원 해석 모델)의 인장 균열 전파를 보여줌.

도 15는 췌기가 암반에 작용하는 가압력과 시간의 관계를 보여주는 그래프.

도 16은 도 10a의 3차원 해석 모델에서 천공홀 사이에 전파되는 수평 균열의 편차를 보여주는 도면.

도 17은 도 11의 3차원 해석 모델에서 천공홀 사이에 전파되는 수평 균열의 편차를 보여주는 도면.

도 18은 도 10a의 3차원 해석 모델에서 암반의 기저면으로 전파되는 수직 균열을 보여주는 도면.

도 19는 도 11의 3차원 해석 모델에서 암반의 기저면으로 전파되는 수직 균열을 보여주는 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0047]

이하, 첨부된 도면들을 참조로 본 발명에 대해서 상세히 설명하기로 한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다. 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 실시예들에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.

- [0048] **[제1 실시예]**
- [0049] 도 2a는 본 발명의 제1 실시예에 따른 노치 형성 장치의 작동을 보여주는 단면도로서, 치즐이 천공홀에 삽입될 때를 보여주는 도면이고, 도 2b는 도 2a의 II 부분을 확대한 도면이다. 그리고, 도 3a는 상기 치즐이 천공홀에서 인출될 때를 보여주는 단면도이고, 도 3b는 도 3a의 III 부분을 확대한 도면이다.
- [0050] 노치 형성 장치(100)는 치즐(110)과, 치즐(110)에 형성된 홈(120)과, 홈(120)에 회동 가능하도록 설치된 블레이드(130)를 포함할 수 있다.
- [0051] 치즐(110)은 그 길이 방향으로 길게 형성되고 원형 단면을 가지며, 천공홀(1)에 삽입될 수 있는 직경을 갖는다.
- [0052] 치즐(110)은 굴착 장비(도면에 미도시)에 어태치먼트로서 설치될 수 있다. 예를 들어, 치즐(110)은 굴삭기의 유압 브레이커에 설치될 수도 있는데, 치즐(110)의 상단은 유압 브레이커에 설치되고 그 하부는 천공홀(1)에 압입(삽입)될 수 있다. 치즐(110)은 유압 브레이커로부터 공급된 타격력에 의해서 천공홀(1)에 압입(삽입)될 수 있다.
- [0053] 홈(120)은 치즐(110)의 외주면에 요입되어 형성된 것으로서, 치즐(110)의 원주 방향으로 소정 각도 간격으로 형성될 수 있다. 도면에는 홈(120)이 180° 간격으로 형성된 것으로 도시되어 있으나, 홈(120) 사이의 간격은 필요에 따라 증감될 수 있다. 각각의 홈(120)에는 블레이드(130)가 설치되고 블레이드(130)에 의해서 노치(도 2a, 2b에 미도시)가 형성되므로, 홈(120)은 인장 균열의 방향으로 형성되는 바람직하다.
- [0054] 홈(120)의 윗부분에는 수평 방향의 계단턱(122)이 있고, 계단턱(122)은 블레이드(130)의 회동을 제한하는 역할을 한다. 즉, 치즐(110)이 아래로 하강하게 되면 천공홀(1)의 벽면과 블레이드(130) 사이의 마찰력으로 인해서 블레이드(130)가 측방향으로 회동하게 되는데, 계단턱(122)은 블레이드(130)의 회동을 제한하여 블레이드(130)가 수평을 유지하도록 한다.
- [0055] 한편, 본 명세서에서 수평 방향은 수학적 의미로서의 수평을 의미할 뿐만 아니라 수직 보다 수평에 가까운 경우도 포함하고, 수직 방향은 수학적 의미로서의 수직을 의미할 뿐만 아니라 수평 보다 수직에 가까운 경우도 포함한다.
- [0056] 블레이드(130)는 홈(120)에 회동 가능하도록 설치된다. 블레이드(130)는 회동축(131)과, 회동축(131)에서 연장되도록 형성된 날개부(134) 및, 날개부(134)가 측방향으로 펼쳐지도록 탄성력을 제공하는 탄성부재(137)를 포함할 수 있다.
- [0057] 날개부(134)는 그 선단이 뾰족하게 형성되어 천공홀(1)의 벽면에 노치를 형성한다. 외력이 작용하지 않으면 날개부(134)의 선단은 탄성 부재(137)의 탄성력에 의해서 홈(120)의 바깥쪽으로 약간 돌출된 상태를 유지한다. 그리고, 상기 돌출된 상태에서 치즐(110)이 천공홀(1)에 압입(삽입)되면 천공홀(1)의 벽면과 날개부(134) 사이의 마찰력에 의해서 날개부(134)가 측방향(바람직하게는 수평방향)으로 회동되어 벽면에 노치를 형성한다. 도 2a ~ 3b에서는 이해를 돕기 위해서 날개부(134)의 돌출이 과장되도록 표현되었는데, 실제로는 2mm ~ 4mm의 노치를 형성할 수 있도록 돌출되는 것이 바람직하다.
- [0058] 치즐(110)이 천공홀(1) 내부에서 하강함에 따라 노치는 천공홀(1)의 길이 방향을 따라 연속적으로 형성된다.
- [0059] 그리고, 벽면에 형성되는 노치의 깊이 즉, 노치의 길이는 길수록 인장 균열의 발생 촉진과 방향 제어에 유리하지만 노치 형성에 그만큼 많은 압입 에너지가 소모되므로 적절한 깊이 설정이 필요하다. 본 출원인의 연구와 경험에 따르면 노치 길이는 2mm ~ 4mm인 것이 바람직하다. 노치 길이가 2mm 보다 작으면 인장 균열 발생 촉진과 방향 제어 효과가 미미하고, 노치 길이가 4mm를 초과하면 압입 에너지가 지나치게 많이 소모되는 반면에 인장 균열 발생 촉진과 방향 제어 효과는 더 이상 증대되지 않는다.
- [0060] 한편, 도 3a ~ 3b에 나타난 바와 같이, 치즐(110)이 천공홀(1)의 입구쪽으로 상승하면, 천공홀(1)의 벽면과 날개부(134) 사이의 마찰력에 의해서 날개부(134)가 탄성부재(137)의 탄성력을 극복하면서 수직 방향으로 회동하여 블레이드(130)가 홈(120) 내부에 위치하게 되고, 이에 따라 날개부(134)와 벽면 사이의 마찰력이 최소로 되거나 없어질 수 있다.
- [0061] **[제2 실시예]**
- [0062] 도 4a는 본 발명의 제2 실시예에 따른 노치 형성 장치의 작동을 보여주는 단면도로서, 치즐이 천공홀에 삽입될 때를 보여주는 도면이고, 도 4b는 도 4a의 IV 부분을 확대한 도면이다. 그리고, 도 5a는 치즐이 천공홀에서 인

출될 때를 보여주는 단면도이고, 도 5b는 도 5a의 V 부분을 확대한 도면이다.

- [0063] 도면에 나타난 바와 같이, 노치 형성 장치(200)는 치즐(110)과, 치즐(110)에 형성된 홈(220)과, 슬라이딩 가능하도록 홈(220)에 설치된 블레이드(230)를 포함할 수 있다.
- [0064] 치즐(110)은 그 길이 방향으로 길게 형성되고 원형 단면을 가지며, 천공홀(1)에 삽입될 수 있는 직경을 갖는다. 치즐(110)이 굴착 장비(도면에 미도시)에 어태치먼트로서 설치될 수 있는 것은 제1 실시예와 동일하다.
- [0065] 홈(220)은 치즐(110)의 외주면에 요입되어 형성된 것으로서, 치즐(110)의 원주 방향으로 소정 각도 간격으로 형성될 수 있다. 도면에는 홈(220)이 180° 간격으로 형성된 것으로 도시되어 있으나, 홈(220) 사이의 간격은 필요에 따라 증감될 수 있다. 각각의 홈(220)에는 블레이드(230)가 설치되고 블레이드(230)에 의해서 노치(도 4a ~ 5b에 미도시)가 형성되므로, 홈(220)은 인장 균열의 방향을 향하는 것이 바람직하다.
- [0066] 홈(220)은 제1 홈(221)과 제2 홈(223)을 포함할 수 있다. 제1 홈(221)은 스틱부(231)가 삽입된 상태에서 슬라이딩될 수 있는 부분으로서, 외부로 향해 경사지도록 형성된다.
- [0067] 제1 홈(221)에는 탄성부재(237)가 설치될 수 있다. 탄성부재(237)는 블레이드(230)를 아래로 미는 힘을 인가한다. 이에 따라, 외력이 작용하지 않으면 블레이드(230)는 홈(220)의 아래로 이동하게 되고, 이에 따라 날개부(234)가 홈(220)의 내부로 인입되되 날개부(234)의 선단만 홈(220)의 외부로 돌출된다.
- [0068] 제2 홈(223)은 제1 홈(221)의 아래에 형성되되 제1 홈(221)과 연결되어 통하고, 날개부(234)의 상승과 하강을 제한하는 턱(224)(225)을 갖는다. 치즐(110)이 천공홀(1) 바닥을 향하여 하강할 때에는 턱(224)이 날개부(234)의 상승을 제한하고 치즐(110)이 천공홀(1) 입구를 향하여 상승할 때에는 턱(225)이 날개부(234)의 하강을 제한한다.
- [0069] 블레이드(230)는 스틱부(231)와, 스틱부(231)에서 연장되어 형성된 날개부(234)를 포함할 수 있다. 스틱부(231)는 막대 형상을 갖는데, 제1 홈(221)과 동일한 경사를 갖도록 형성된다. 날개부(234)는 그 선단이 뾰족하게 형성되고, 이에 따라 치즐(110)이 아래로 이동될 때 날개부(234)가 홈(220)의 바깥으로 돌출되면 천공홀(1) 벽면에 노치가 형성된다. 치즐(110)이 천공홀(1) 내부에서 하강함에 따라 노치는 천공홀(1)의 길이 방향을 따라 연속적으로 형성된다. 그리고, 노치의 길이(벽면에 형성되는 노치의 깊이)는 2mm ~ 4mm가 바람직한데, 그 이유는 위에서 설명된 바 있다.
- [0070] 도 4a ~ 4b에 나타난 바와 같이, 치즐(110)이 하강하게 되면 천공홀(1) 벽면과 날개부(234) 사이의 마찰력으로 인해 블레이드(230)가 홈(220) 내부에서 상승하게 되는데, 제1 홈(221)과 스틱부(231)가 경사지게 형성되고 스틱부(231)가 제1 홈(221)을 따라 슬라이딩되므로, 날개부(234)의 선단이 홈(220)의 바깥쪽으로 돌출되어 벽면에 노치가 형성된다.
- [0071] 그리고, 도 5a ~ 5b에 나타난 바와 같이, 치즐(110)이 상승하게 되면 천공홀(1) 벽면과 날개부(234) 사이의 마찰력과 탄성부재(237)의 탄성력으로 인해 블레이드(230)가 홈(220) 내부에서 아래로 이동하게 되는데, 제1 홈(221)과 스틱부(231)가 경사지게 형성되고 스틱부(231)가 제1 홈(221)을 따라 슬라이딩되므로, 블레이드(230)가 홈(220)의 내부로 인입되어 벽면과 날개부(234)의 마찰이 최소로 되거나 없어진다. 이 때, 날개부(234)가 홈(220) 내부로 완전히 인입되는 것 보다는 날개부(234)의 선단이 홈(220) 외부로 약간 돌출된 상태를 유지하는 것이 바람직한데, 이것은 추후에 치즐(110)이 천공홀(1)에 압입될 때 날개부(234)와 벽면 사이의 마찰력이 발생해야 하기 때문이다.
- [0072] **[제3 실시예]**
- [0073] 도 6은 본 발명의 제3 실시예에 따른 노치 형성 장치를 보여주는 분해 사시도이고, 도 7a는 치즐이 가이드 부재에 삽입될 때를 보여주는 단면도로서 블레이드가 홈 내부에 위치한 것을 보여주는 도면이며, 도 7b는 도 7a의 VII 부분을 확대한 도면이다.
- [0074] 도면에 나타난 바와 같이, 노치 형성 장치(300)는 제1,2 가이드 부재(320)(330)와, 치즐(310)과, 제1 가이드 부재(320)에 설치된 인텐더(350)를 포함한다. 노치 형성 장치(300)는 상술한 실시예의 노치 형성 장치(100)(200)와 마찬가지로 굴삭기에 어태치먼트로서 설치될 수 있다. 또한, 노치 형성 장치(300)는 대한민국 공개특허 제 10-2004-0001623호에 개시된 무진동 암반 파쇄기의 브라켓에 설치될 수도 있다.
- [0075] 제1,2 가이드 부재(320)(330)는 천공홀(1)에 삽입될 수 있도록 길이 방향으로 길게 형성된다. 제1,2 가이드 부재(320)(330)는 천공홀(1)의 길이 보다 더 긴 것이 바람직하다.

- [0076] 제1 가이드 부재(320)는 체결부(321)와, 체결부(321)에서 연장되어 형성된 본체(323)와, 본체(323)의 양쪽 측면(325)에 소정 간격으로 형성된 다수 개의 관통공(326)을 포함한다.
- [0077] 체결부(321)는 굴삭기 또는 상기 브라켓에 설치되기 위한 것으로서, 다수 개의 체결공(322)을 포함한다. 체결공(322)에는 굴삭기 또는 상기 브라켓과의 체결을 위한 볼트가 삽입된다. 그리고, 본체(323)는 상기 길이 방향으로 길게 형성된 것으로서, '┐'와 같은 단면 형상을 갖는데, 양쪽 측면(325)에는 다수 개의 관통공(326)이 소정 간격으로 형성된다. 양쪽 측면(325) 사이의 공간(324)에는 치즐(310)이 삽입된다.
- [0078] 제2 가이드 부재(330)는 체결부(331)와 본체(333)를 포함한다.
- [0079] 체결부(331)는 굴삭기 또는 상기 브라켓에 설치되기 위한 것으로서, 다수 개의 체결공(332)을 포함한다. 그리고, 본체(333)는 상기 길이 방향으로 길게 형성된 것으로서, 본체(323)와 함께 치즐(310)이 삽입되는 공간(324)을 형성한다.
- [0080] 치즐(310)은 길이 방향으로 길게 형성된 부재로서, 상기 공간(324)에 삽입될 수 있는 단면 형상을 갖는다. 도 8a ~ 8b에 나타난 바와 같이, 치즐(310)은 상기 공간(324)에 삽입되는 동안에 인텐터(350)를 측방향으로 가압하여 천공홀(1) 벽면 쪽으로 이동시키고, 이에 따라 벽면에 노치(도 7a ~ 8b에 미도시)가 형성된다. 상기 노치는, 천공홀(1)의 길이 방향으로 연속된 것이 아니라, 세로 방향으로 약간 길게 형성된 점 형태로 형성된다.
- [0081] 노치의 길이 즉, 인텐터(350)의 압입 깊이는 2mm ~ 4mm가 바람직한데, 그 이유는 위에서 설명된 바 있다.
- [0082] 그리고, 인텐터(350)의 간격은 10cm ~ 20cm가 바람직하지만, 반드시 이에 한정되는 것은 아니고 압반의 상태에 따라 달라질 수 있다. 인텐터(350)의 개수가 너무 많으면 치즐(310)의 삽입에 필요한 압입력이 지나치게 증가하는 문제점이 있다.
- [0083] 인텐터(350)는 경사부(351) 및, 경사부(351)에서 연장되어 형성된 노칭부(353)를 포함할 수 있다. 인텐터(350)는 경사부(351)가 위쪽을 향하도록 관통공(326)에 설치된다. 따라서, 치즐(310)이 공간(324)에 삽입될 때 치즐(310)이 경사부(351)를 가압하면 인텐터(350)가 천공홀 벽면쪽으로 이동하여 노치를 형성한다.
- [0084] 관통공(326)은 바깥쪽을 향해 상향 경사를 이루도록 형성되는 것이 바람직한데, 이것은 치즐(310)이 제거되면 인텐터(350)가 슬라이딩되어 원위치로 복귀되도록 하기 위함이다.
- [0085] **[제4 실시예]**
- [0086] 도 9a는 본 발명의 제4 실시예에 따른 노치 형성 장치가 천공홀에 압입되기 직전을 보여주는 단면도이고, 도 9b는 상기 노치 형성 장치에 의해서 천공홀 벽면에 노치가 형성된 것을 보여주는 단면도이다.
- [0087] 도면에 나타난 바와 같이, 노치 형성 장치(400)는 원형 커터(410)와, 원형 커터(410)를 지지하는 지지대(420)를 포함한다. 노치 형성 장치(400)는 굴삭기(도면에 미도시) 등에 어태치먼트로서 설치될 수 있다.
- [0088] 원형 커터(410)는 굴삭기로부터 전달된 회전력과 압입력에 의해서 회전되면서 아래로 이동된다. 그리고, 지지대(420)는 굴삭기에 연결되도록 설치될 수 있다. 지지대(420)에는 회전력을 전달하는 체인 또는 벨트(도면에 미도시)가 설치될 수 있다.
- [0089] 원형 커터(410)에 의해 형성되는 노치의 길이(d_n , 천공홀 벽면에 형성되는 노치의 깊이)는 아래 식으로 계산될 수 있다.
- $$d_n = \frac{D_c - D_h}{2}$$
- [0090]
- [0091] 위 식에서,
- [0092] D_c : 원형 커터의 직경
- [0093] D_h : 천공홀의 직경
- [0094] 노치의 길이(d_n)는 대략 2mm ~ 4mm가 바람직하므로, 원형 커터(410)의 직경(D_c)은 천공홀(1)의 직경(D_h) 보다 4mm ~ 8mm 큰 것이 바람직하다.

[0095] 그리고, 원형 커터(410)의 삽입 깊이(H_c , 커팅 길이)는 아래 식으로 계산된다.

$$H_c = H_d - \frac{D_c}{2}$$

[0096]

[0097] 위 식에서,

[0098] H_d : 천공홀의 깊이(천공 길이)

[0099] **[노치의 효과에 대한 수치 해석]**

[0100] 본 출원인은, 노치의 효과를 분석하기 위해서, 노치가 없는 경우(기존 슈퍼웨이브 공법)와 노치가 있는 경우의 해석모형을 각각 생성하고 압입 해석을 실시하였다.

[0101] 도 10a는 노치가 있는 경우의 3차원 해석모형을 보여주고 도 10b는 도 10a의 X-X' 단면을 보여주며, 도 12는 상기 3차원 해석 모델의 경계 조건을 보여준다. 그리고, 도 11은 노치가 없는 경우(기존 슈퍼웨이브 공법)의 3차원 해석모형을 보여주는 단면도이고, 도 13은 상기 3차원 해석 모델의 경계 조건을 보여준다. 두 경우 모두 해석 시간 단축을 위해 천공홀(1)을 2개만 모델링 하였고, 노치(3)의 길이(d_n)는 3mm이며, 노치(3)는 천공홀 바닥까지 형성하였다.

[0102] (1) 균열 전파 양상

[0103] 도 14a ~ 14e는 시간에 따른 인장 균열의 전파를 보여주는 도면으로서, 각 도면의 좌측은 노치가 있는 경우(도 10a의 3차원 해석 모델)의 인장 균열 전파를 보여주고 각 도면의 우측은 노치가 없는 경우(도 11의 3차원 해석 모델)의 인장 균열 전파를 보여준다.

[0104] 췌기(도 1의 7)가 천공홀(1)에 압입되면서 인장 균열이 천공홀(1) 사이에 전파되고, 그 이후 췌기(7)가 하강하면서 균열도 암석 내부로 점차 전파한다. 췌기(7)를 끝까지 압입하면, 인장 균열이 하부면 일정 부분이나 자유면까지 전파한다. 자유면까지 전파되면 해당 블록은 자동으로 암반으로부터 분리된다.

[0105] 도면에 나타난 바와 같이, 노치(3)가 있는 경우는 노치(3)가 없는 경우 보다 인장 균열이 더 빨리 전파되며, 균열의 직진성도 더 좋다는 것을 알 수 있다.

[0106] (2) 췌기의 가압력 및, 에너지 절감

[0107] 그리고, 도 15는 췌기(7)가 암반에 작용하는 가압력과 시간의 관계를 보여주는 그래프이다. 균열 전파 초기에 가압력 그래프는 노치(3)가 있는 경우와 없는 경우가 유사한 양상을 보인다. 하지만, 균열 전파가 완료된 시점 이후에서는 노치(3)가 있는 경우의 가압력이 빨리 감소함을 알 수 있다. 즉, 가압력의 최대값은 3%만 감소하였지만, 평균값은 대폭 감소하므로, 전체 에너지 사용량은 35% 감소하는 것으로 조사되었다. 따라서, 노치 생성에 소요되는 커팅 에너지보다 노치를 생성함으로 절감되는 에너지가 훨씬 더 클 것으로 분석된다.

[0108] (3) 수평 균열의 직진성 향상

[0109] 도 16은 노치가 있는 경우에 천공홀 사이에 전파되는 수평 균열의 편차를 보여주는 도면이고, 도 17은 노치가 없는 경우에 천공홀 사이에 전파되는 수평 균열의 편차를 보여주는 도면이다.

[0110] 천공홀(1)의 중심선으로부터 벗어나는 수평 균열의 편차를 Dev , 균열의 길이를 L 이라고 정의하였다. 수평 균열 에러는 Dev/L 로 계산하였는데, 노치가 없는 모델은 4.2%, 노치가 있는 모델은 3.1%로 계산되어, 노치가 있는 모델의 수평균열 직진성이 향상된 것으로 평가되었다.

[0111] (4) 수직 균열의 직진성 향상

[0112] 도 18은 노치가 있는 경우에 암반의 기저면으로 전파되는 수직 균열을 보여주는 도면이고, 도 19는 노치가 없는 경우에 암반의 기저면으로 전파되는 수직 균열을 보여주는 도면이다.

[0113] 도면에 나타난 바와 같이, 노치(3)를 천공홀 벽면에 형성하면 수직균열의 직진성이 대폭 향상된다는 것을 알 수 있다. 이에 따라, 스플리팅되는 암석 블록의 크기도 증가하여 시공 속도를 향상시킬 수 있다.

[0114] 자유면과 인장균열 사이의 거리를 균열폭(S)으로 정의하였다. 그리고, 슈퍼웨이브 공법에서 설계된 초기 균열폭을 S_0 , 수직 심도가 깊어지면서 커팅된 기저면에서 발견되는 균열폭을 S_1 으로 정의하고, 이 비율(S_1/S_0)을 조사하였

다.

[0115] 상기 비율(S_1/S_0)의 계산 결과, 노치가 없는 경우는 74%이었으나 노치가 있는 경우는 92%로 조사되어 기존 공법에 비해 직선성이 20% 향상되는 것으로 평가되었다.

[0116] 아래의 표 1은 노치가 없는 경우와 노치가 있는 경우의 해석 결과를 비교 정리한 것이다.

[0117] **[표 1]**

	노치가 없는 경우	노치가 있는 경우	성능 향상(%)
노치 길이, mm	0	3	-
인접 천공홀 연결시간, ms	183	130	-41%
최대 압입력, kN	1993	1931	-3%
에너지 소비량, kJ	286	212	-35%
수평 균열편차(Dev)	20.0	14.7	-36%
수평 균열 에러(Dev/L)	4.2%	3.1%	-36%
초기 균열폭(S_0), mm	418	413	-1%
최종 균열폭(S_1), mm	308	379	19%
S_1/S_0	74%	92%	20%

[0118]

[0119] 위 (3), (4)에서 살펴본 바와 같이, 노치(3)가 있는 경우는 인장 균열의 직진성을 확보할 수 있고 이에 따라 스플리팅시 직육면체 형상의 암석 블록을 확보할 수 있다. 이렇게 확보된 암석 블록은 석재로서 가치를 가지므로, 추가적인 부가가치를 창출할 수 있다.

[0120] 노치(3)는 그 길이(d_n , 깊이)가 길수록 스플리팅 시간과 에너지를 절약할 수 있지만 길이가 지나치게 길면 노치 형성에 필요한 시간과 에너지가 과도하게 되므로 바람직하지 않다. 노치 형성 공정과 터널 시공의 경제성을 고려할 때, 노치(3)의 길이가 대략 2mm ~ 4mm 정도되면 충분한 효과를 볼 수 있다.

[0121] 한편, 노치(3)의 수직 깊이(H_c)는 천공 깊이(H_d)와 동일한 것이 바람직하다. 그리고, 가능한 한 천공홀(1)을 공저(밑바닥)까지 생성시켜야 스플리팅면이 수직면에 가까워진다. 이렇게 하면 스플리팅 공법의 성능(공기단축, 에너지 절감)을 향상시키고, 파쇄된 암석블록도 직육면체형태의 석재의 가치를 유지하면서 획득할 수 있다.

부호의 설명

[0122]

1 : 천공홀	3 : 노치(notch)
7 : 췌기	100, 200, 300, 400 : 노치 형성 장치
110, 310 : 치즐	120, 220 : 홈
122 : 계단턱	
130, 230 : 블레이드	131 : 회동축
134, 234 : 날개부	137, 237 : 탄성 부재
221 : 제1 홈	223 : 제2 홈
224, 225 : 턱	320 : 제1 가이드 부재
321, 331 : 체결부	322, 332 : 체결공
323, 333 : 본체	324 : 공간
325 : 측면	326 : 관통공
330 : 제2 가이드 부재	350 : 인텐터
351 : 경사부	353 : 노칭부
410 : 원형 커터	420 : 지지대

D_c : 원형 커터의 직경

D_h : 천공홀의 직경

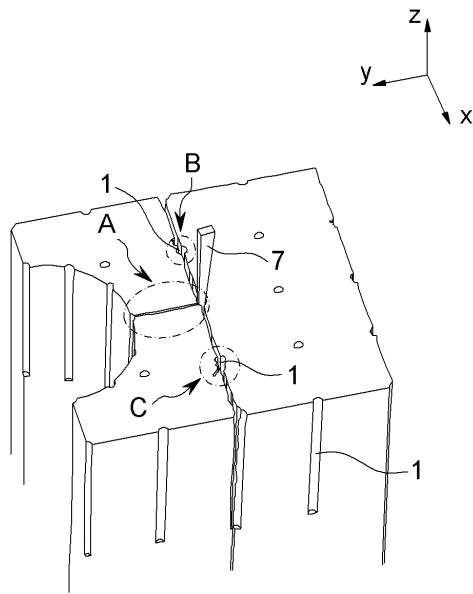
H_d : 천공홀의 길이

H_c : 커팅 길이

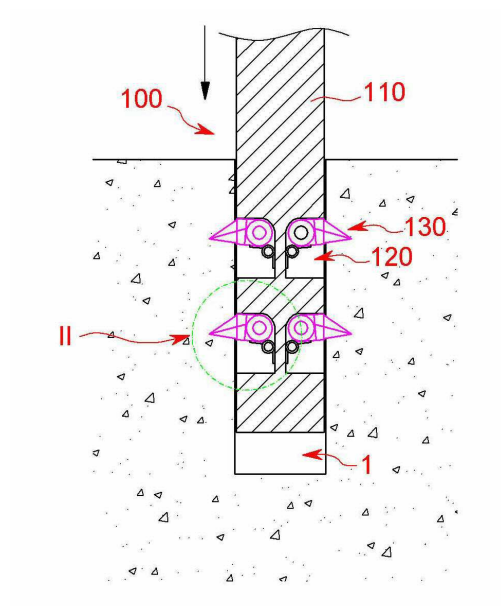
d_n : 노치의 길이(깊이)

도면

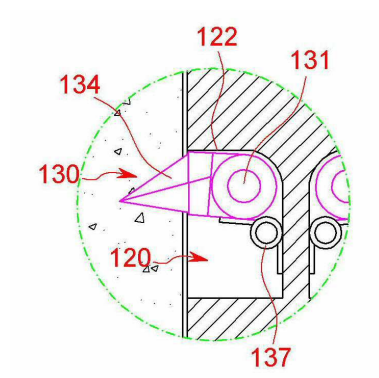
도면1



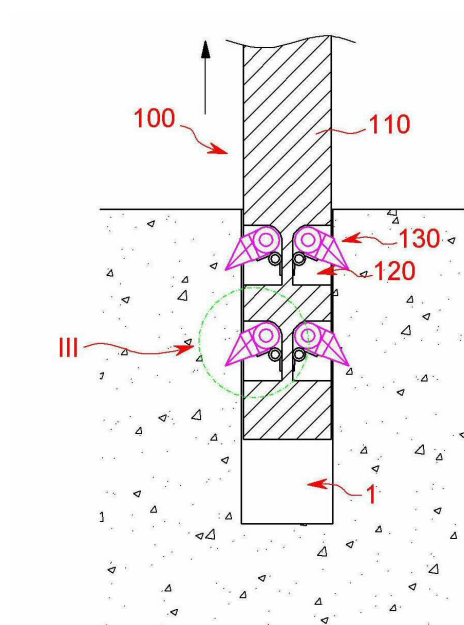
도면2a



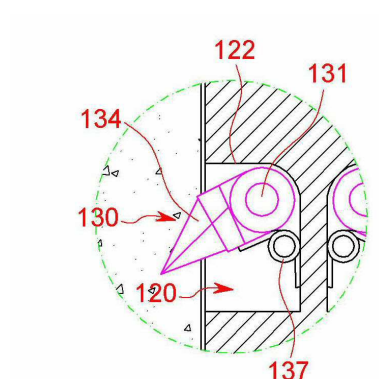
도면2b



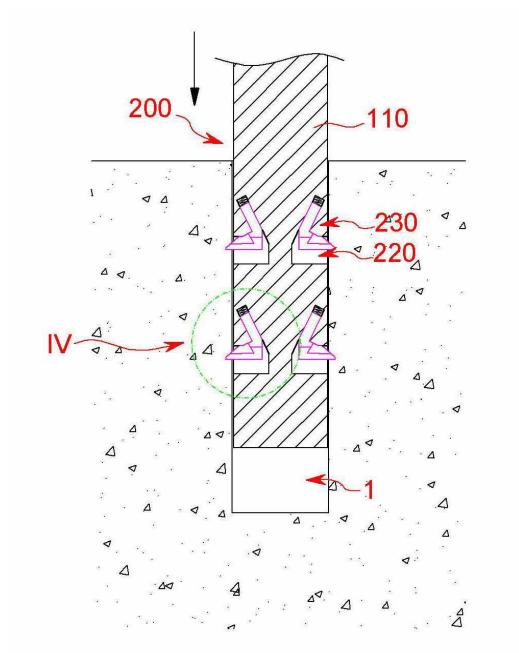
도면3a



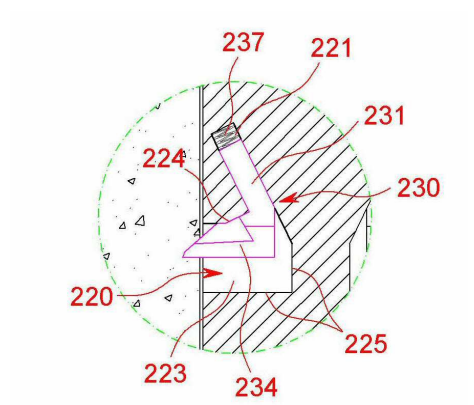
도면3b



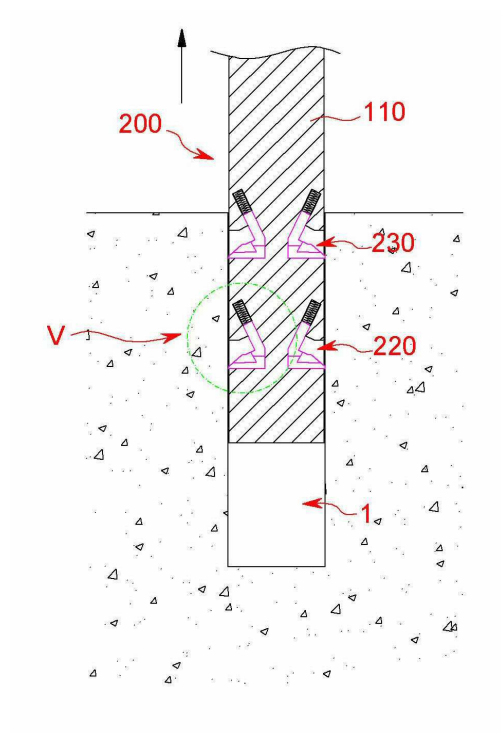
도면4a



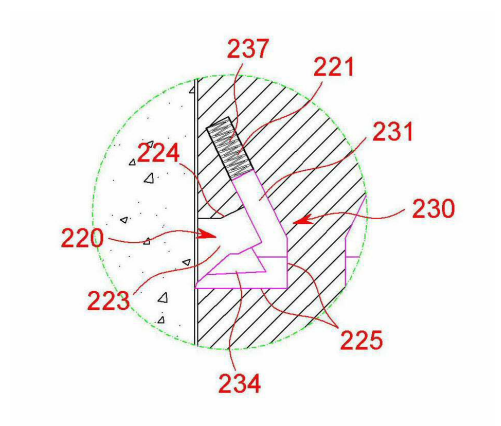
도면4b



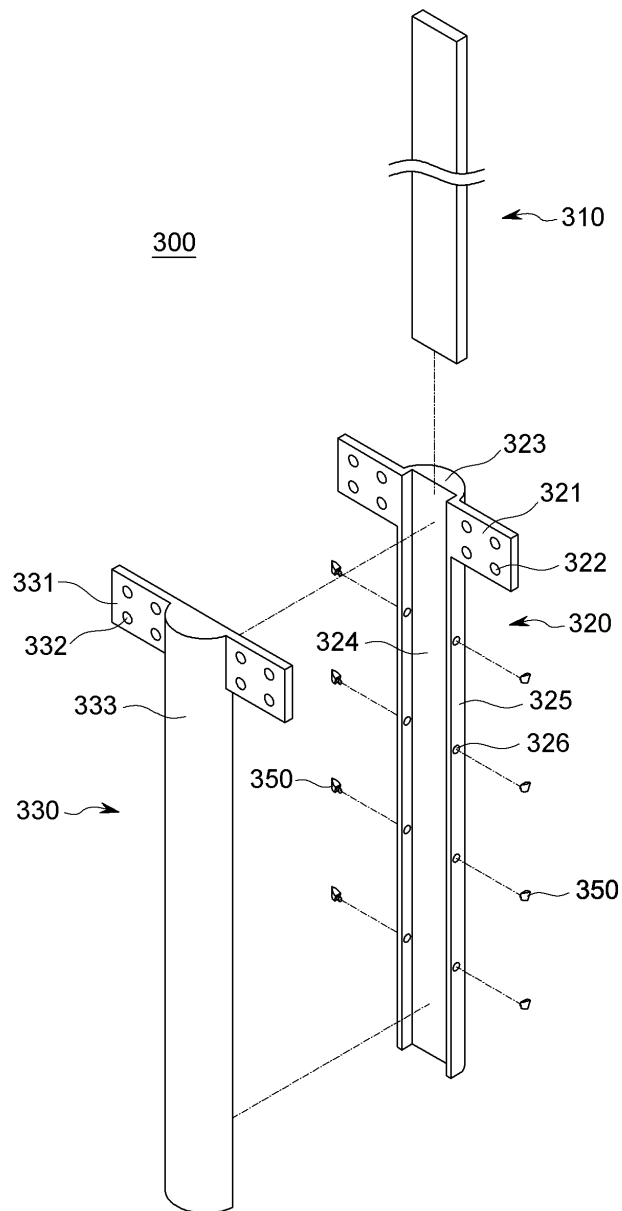
도면5a



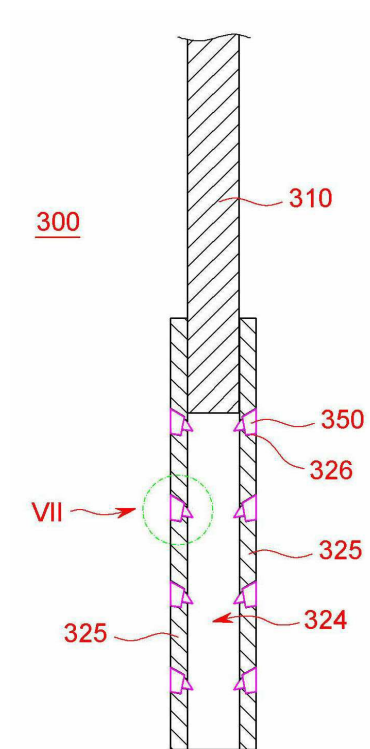
도면5b



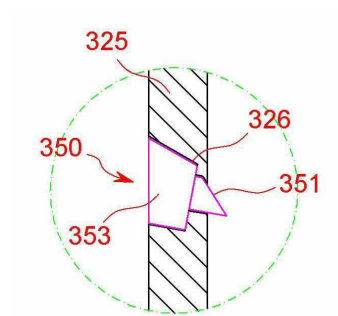
도면6



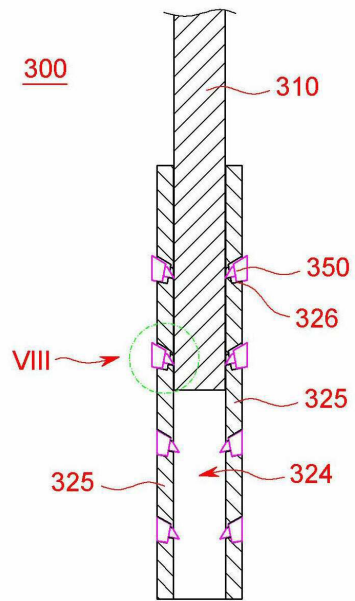
도면7a



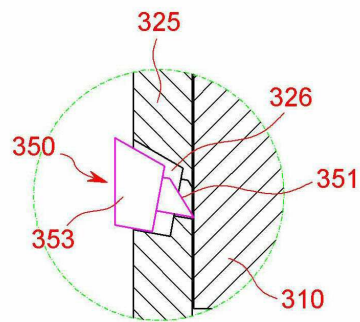
도면7b



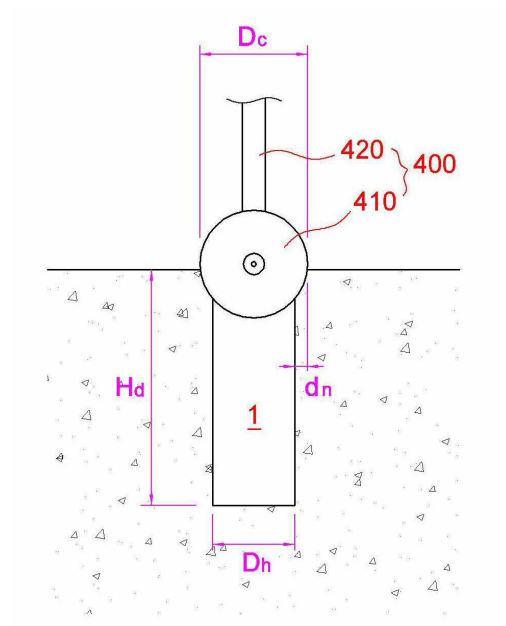
도면 8a



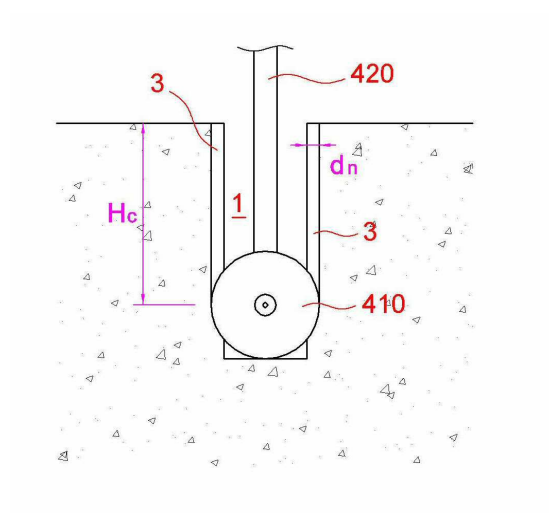
도면8b



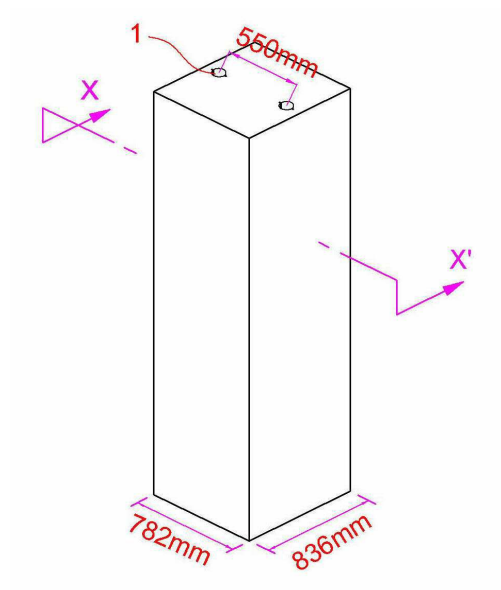
도면9a



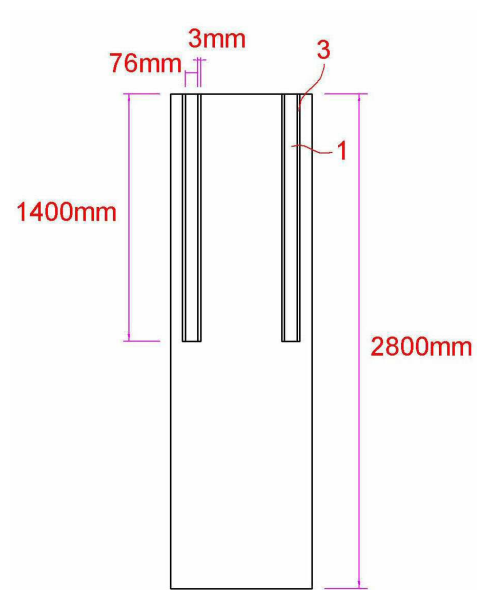
도면9b



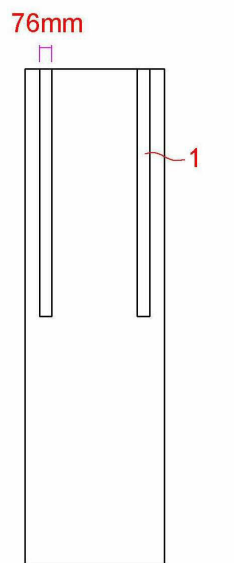
도면10a



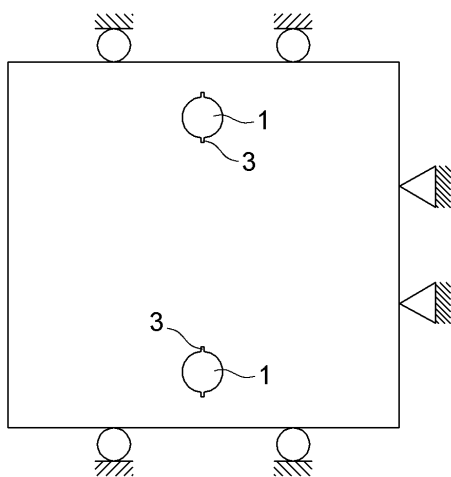
도면10b



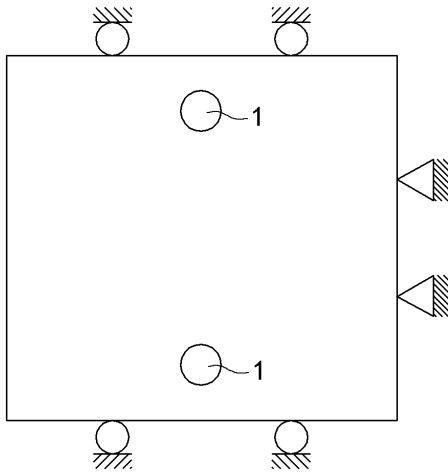
도면11



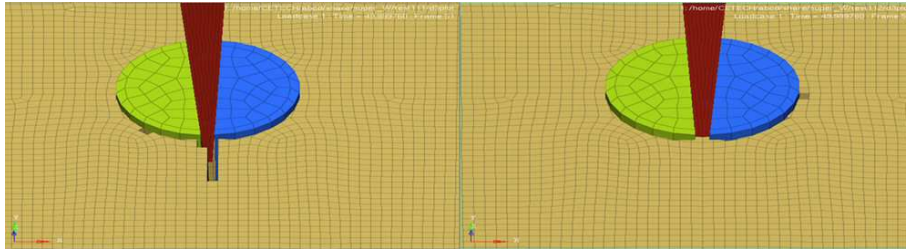
도면12



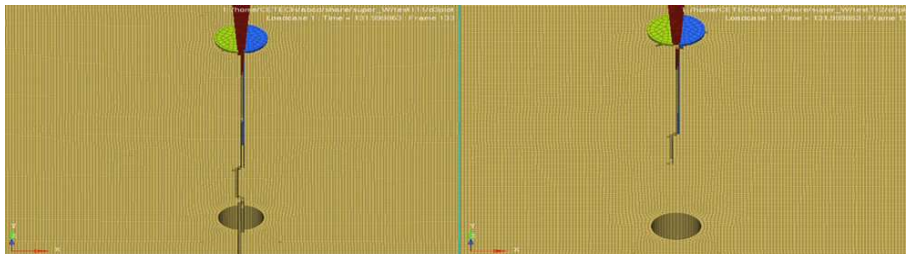
도면13



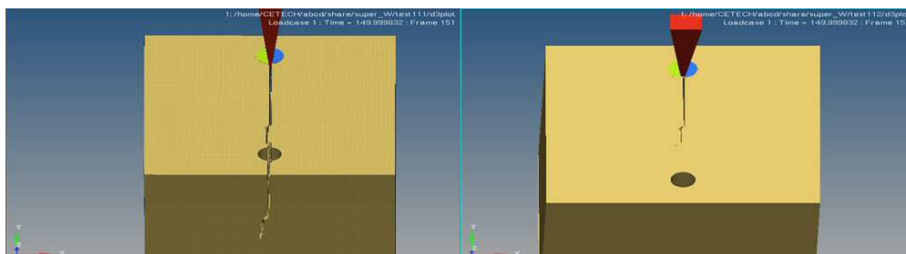
도면14a



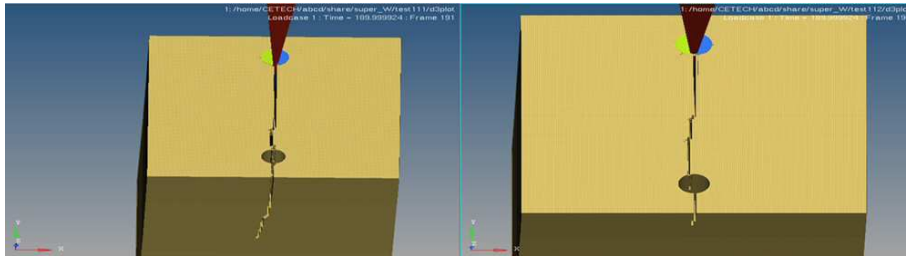
도면14b



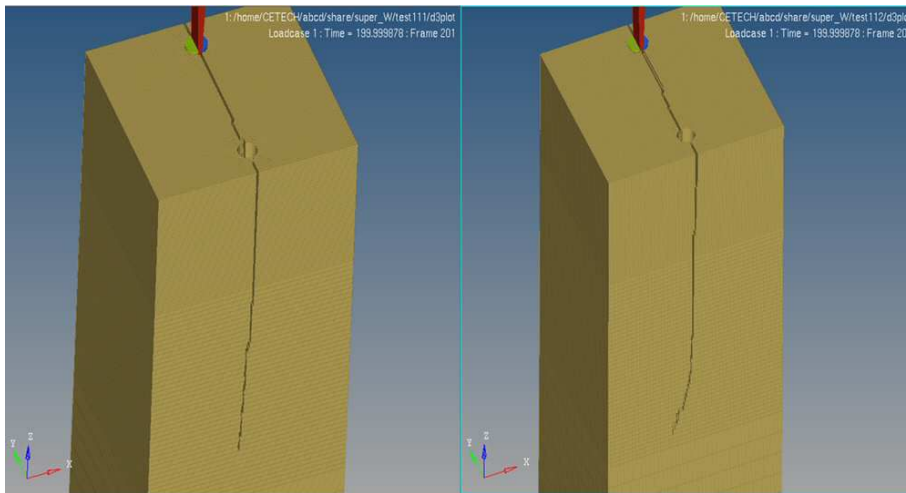
도면14c



도면14d



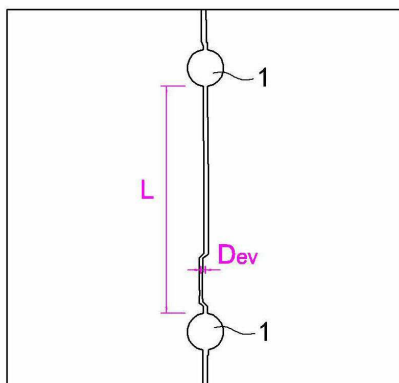
도면14e



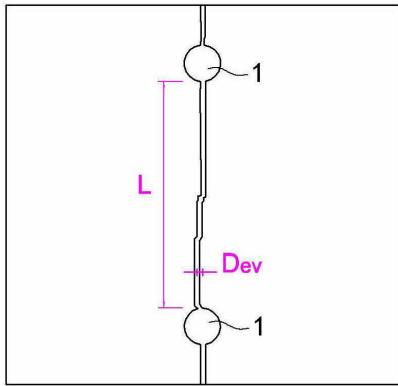
도면15



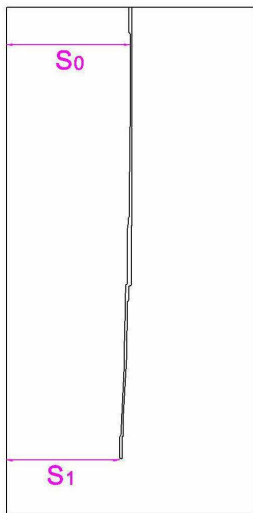
도면16



도면17



도면18



도면19

