



(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl. (11) 공개번호 10-2007-0003966  
G01B 11/16 (2006.01) (43) 공개일자 2007년01월05일

(21) 출원번호	10-2006-7019547	(87) 국제공개번호	WO 2005/103606
(22) 출원일자	2006년09월22일	(43) 공개일자	2007년01월05일
심사청구일자	없음		
번역문 제출일자	2006년09월22일		
(86) 국제출원번호	PCT/FR2004/000721	(87) 국제공개번호	WO 2005/103606
국제출원일자	2004년03월24일	국제공개일자	2005년11월03일

(71) 출원인           텐 케이트 지오신쎬틱스 프랑스  
프랑스, 에프-95870 베종, 뒤 마르셀 뿔 9  
파이버 옵틱 센서스 앤드 센싱 시스템스  
벨기에, 비-2440 길, 시팔스트라아트 14

(72) 발명자           델마, 필리빠  
프랑스 에프-78330 퐁떼네 르 플뢰뤼 스퀘르 앙빠르 2  
낭세, 알랭  
프랑스 에프-95650 브와쉬 레이에리에 뒤 라스뿔 22  
보에트, 마르크  
벨기에 비-2440 길 시팔스트라아트 16  
블레켄, 요안  
벨기에 비-3110 로트셀라아르 파테르 노스테르 스트라쎬 62  
쇼웁스, 엘스  
벨기에 비-3590 디헨베에크 카펠스트라아트 2/33

(74) 대리인           이수완  
조진태  
이성규  
윤중섭

전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 토목 공사시 변형을 발견 및 측정하는 방법

(57) 요약

본 발명은 토목 구조물 내의 변형을 발견 및 측정하기 위한 방법에 관한 것으로서, 본 발명에 따르면, 신호를 송신할 수 있는 평행한 복수개의 광섬유(2a 내지 2e)를 포함하는 적어도 하나의 토목 섬유(1)가 상기 구조물 내에 혹은 상기 구조물 아래에 적용되며, 상기 광섬유는 동일한 파장에 상응하는 N1 개의 연속적인 격자의 시리즈(4) 내에서 균등하게 이격된 브래그 격자(3)를 포함하며, 상기 시리즈는 상이한 파장에 상응하는 N2 개의 연속적인 시리즈를 포함하는 각각의 동일한 세트 내에 분포되며, 적어도 2개의 광섬유 내에서, 하나의 시리즈의 N1 개의 격자 및 하나의 세트(5)의 N2 개의 시리즈는 각각의 상기 광섬유 내에서 전송되는 입사광의 파장과 브래그 격자에 의해 반사된 광의 파장 사이의 차이의 측정하여, 한편으로는 구조물이 영향받기 쉬운 변형을 발견하고 다른 한편으로는 변형이 발생한 곳의 상기 광섬유의 신장을 측정할 수 있도록 하는 것을 특징으로 하는 방법이 제공된다.

대표도

도 1

**특허청구의 범위**

**청구항 1.**

토목 구조물 내의 변형을 발견 및 측정하기 위한 방법으로서, 신호를 송신할 수 있는 평행한 복수개의 광섬유(2a 내지 2e)를 포함하는 적어도 하나의 토목 섬유(1)가 상기 구조물 내에 혹은 상기 구조물 아래에 적용되며,

상기 광섬유는 동일한 파장에 상응하는 N1 개의 연속적인 격자의 시리즈(4) 내에서 균등하게 이격된 브래그 격자(3)를 포함하며, 상기 시리즈는 상이한 파장에 상응하는 N2 개의 연속적인 시리즈를 포함하는 각각의 동일한 세트 내에 분포되며,

적어도 2개의 광섬유 내에서, 하나의 시리즈의 N1 개의 격자 및 하나의 세트(5)의 N2 개의 시리즈(4)는 각각의 상기 광섬유 내에서 전송되는 입사광의 파장과 브래그 격자에 의해 반사된 광의 파장 사이의 차이의 측정하여, 한편으로는 구조물이 영향받기 쉬운 변형을 발견하고 다른 한편으로는 변형이 발생한 곳의 상기 광섬유의 신장을 측정할 수 있도록 하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 2.**

청구항 1에 있어서,

적어도 2개의 상기 광섬유에 있어서, 하나의 시리즈(4)의 격자의 개수 N1은 동일하며, 하나의 세트(5)의 시리즈(4)의 개수 N2는 서로소인 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 3.**

청구항 1에 있어서,

적어도 하나의 상기 광섬유에 있어서, 하나의 시리즈 내의 격자의 개수 N1은 다른 광섬유 내의 하나의 세트의 격자의 개수와 동일한 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 4.**

청구항 1 내지 청구항 3 중 어느 한 항에 따른 방법을 적용하기 위한 토목 섬유로서, 상기 토목 섬유는 평행한 복수개의 광섬유(2a 내지 2e)를 포함하며, 상기 광섬유는 동일한 파장에 상응하는 N1 개의 연속적인 격자의 시리즈(4) 내에서 균등하게 이격된 브래그 격자(3)를 포함하며, 상기 시리즈(4)는 상이한 파장에 상응하는 N2 개의 연속적인 시리즈의 동일한 세트(5) 내에 분포되는 것을 특징으로 하는 토목 섬유.

**청구항 5.**

청구항 4에 있어서,

상기 광섬유(2a 내지 2e)는 토양 내의 활동적인 작용제로 인한 전단 파괴에 대항하여 그리고 부식에 대항하여 상기 광섬유를 보호하기 위한 외피를 포함하는 것을 특징으로 하는 토목 섬유.

## 청구항 6.

청구항 4 또는 청구항 5에 있어서,

상기 광섬유(2a 내지 2e)는 상기 토목 섬유에 길이방향으로 부설되는 것을 특징으로 하는 토목 섬유.

## 청구항 7.

청구항 4 내지 청구항 6 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광섬유는 상기 토목 섬유의 제조시 상기 토목 섬유 내에 삽입되는 것을 특징으로 하는 토목 섬유.

## 명세서

### 기술분야

본 발명은 토목 구조물 내의 변형을 발견 및 측정하기 위한 방법에 관한 것이다.

### 배경기술

자동차 도로나 철도 건설시, 도로나 철길의 기반을 지지하기 위해서 대규모의 토목 공사가 수행된다. 그러나 일부 현장은 알려지지 않은 자연 공동이나 인공 공동을 포함한다. 이 경우, 새 도로나 철길을 건설할 때나, 혹은 이후 사용하는 동안, 예기치 않은 침하가 발생할 수 있으며, 그러한 연약지반 지역의 과부하, 물의 침투, 가뭄 및 진동으로 인하여 심각한 사고를 야기시킬 수 있다.

그러한 사고를 방지하기 위해서, 토목 공사를 수행하기 전에 공사현장을 체계적으로 조사할 필요가 있다. 통상 침하가 일어날 것으로 여겨지는 토지에서 그러한 조사가 실제로 수행된다.

또한, 자연적인 산사태(낙석)가 일어나지 않을 것으로 여겨지는 일부 현장에는, 지금은 그 존재가 알려져 있지 않은 과거의 지하 군사시설이 형성되어 있기도 한다.

체계적인 조사는 매우 많은 비용이 소요되며, 더욱이 안전을 확실하게 보장하기 위해서 이러한 조사는 도로나 철도 예정지 아래와 그 부근 가까이에서 실시되어야 한다.

나아가서, 지하에 공동이 존재하지 않더라도, 지반의 침하를 초래할 수 있는 지속적인 홍수 및 가뭄에 의해 지면은 도로나 철길의 소정 구간 하에서의 균일하지 않은 지반침하에 영향을 받기 쉬우며, 그 크기는 물론 제한적이지만, 그것이 고속열차용 철길과 관련된다면 특히 안전에 영향을 미칠 수 있다.

성토부(infill)(둑(embankment))의 침하 위험을 제한하기 위해서, 쉬트(랩) 또는 직조되거나 직조되지 않은 토목 섬유(geosynthetic fabric)를 지면 상에 그리고 성토부 내에 깔아, 지면의 침하가 있을 경우, 성토부를 보강하는 것은 일반적으로 실시되고 있다. 이러한 경우에, 토목 섬유의 실(yarns)은 상당한 힘에 영향을 받기 쉬우며, 이 실의 신장에 의한 변형을 초래하고 이 실이 끊어지도록 할 수 있고, 결과적으로 성토부의 붕괴를 초래할 수 있다.

미리 한정된 역치에서, 토목 구조물 내의 변형을 검출하기 위해서, 프랑스 특허출원 제 2 72 78 677 호에는, 신호를 전송할 수 있으며 미리 정해진 신장 파단 값을 측정할 수 있는 평행한 실들을 토목 섬유 내에 편입시키는 방법이 제안되었다. 변형 역치는, 이 실을 통하여 신호를 송신하여 그러한 신호에 대한 응답의 유무를 검출함으로써 측정된다.

이 실은 전선 혹은 광섬유일 수 있다. 측정은 응답의 유무에 의해서 이루어지며, 미리 정해진 역치에서 변형의 위치는 2 세트의 서로 수직인 평행한 실을 배치하는 것에 의해서만 가능하다.

## 발명의 상세한 설명

본 발명의 목적은, 한편으로는 변형의 위치를 알려주는 방법을 제공하고자 하는 것이며, 다른 한편으로는 구조물의 길이방향에 평행하게 놓인 단일 세트의 실을 갖는 토목 섬유를 이용하여 실의 파단 전에 변형이 발생된 곳의 실의 신장을 측정하는 것에 있다.

본 발명의 목적은, 신호를 송신할 수 있는 평행한 복수개의 광섬유를 포함하는 적어도 하나의 토목 섬유가 상기 구조물 내에 혹은 상기 구조물 아래에 적용되며, 상기 광섬유는 동일한 파장을 갖는  $N1$  개의 연속적인 격자의 시리즈 내에 균등하게 이격되어 분포된 브래그 격자를 포함하며, 상기 시리즈는 상이한 파장을 갖는  $N2$  개의 연속적인 시리즈를 포함하는 각각의 동일한 세트 내에 분포되며, 적어도 2개의 광섬유 내에서, 하나의 시리즈 내의  $N1$  개의 격자 및 하나의 세트 내의  $N2$  개의 시리즈는 각각의 상기 광섬유에 전송되는 입사광의 파장과 브래그 격자에 의해 반사된 광의 파장 사이의 차이의 측정하여, 한편으로는 구조물의 변형 위치를 발견하고 다른 한편으로는 변형이 발생한 곳의 상기 광섬유의 신장을 측정할 수 있도록 하는 것에 의해 달성된다.

따라서 본 발명은, 특히 국제공개공보 WO86/01303 호에 개시된 바와 같은, 스트레인 게이지에 사용되는 브래그 격자의 공지된 특성을 이용한다.

브래그 격자는 모든 광섬유 내에서 서로 동일한 간격으로 위치되지만, 입사광의 상응하는 파장에 관하여 왜곡된 반사광의 파장을 측정함으로써 구조적인 변형을 간단하게 발견하도록, 적어도 한 쌍의 광섬유에 대하여 시리즈 혹은 세트의 길이는 상이하다. 그러한 왜곡의 크기는 해당 위치에서의 광섬유 신장의 크기로 나타난다.

적어도 2개의 상기 광섬유에 있어서, 하나의 시리즈의 격자의 개수  $N1$ 은 동일하며, 하나의 세트의 시리즈의 개수  $N2$ 는 서로 소수(서로소)인 것이 바람직하다.

그러므로, 예를 들어, 2개의 브래그 격자 사이의 간격이 1미터이고, 개수  $N1$ 이 10 이라고 하면, 격자의 시리즈는 10미터에 걸쳐 연장된다. 또한 제1 광섬유가 세트 당 7개의 시리즈를 포함한다면 7개의 상이한 주파수를 처리할 수 있으며, 제2 섬유가 세트 당 10개의 시리즈를 포함한다면 숫자 10과 7은 서로소이다. 그러므로 제1 섬유의 세트는 70미터에 걸쳐 연장되며, 제2 섬유의 세트는 100미터의 길이에 걸쳐 연장된다. 이들 2개의 섬유는 총길이 700미터에 걸친 구조물 내의 정밀한 변형위치 발견을 가능하게 한다. 나아가서, 토목 섬유는, 브래그 격자의 간격이 1미터이고 하나의 시리즈가 10개의 연속적인 브래그 격자를 가지며 각각의 세트가 3개의 시리즈를 포함하는 제3 광섬유를 포함할 수 있는데, 숫자 3은 7 및 10과 서로소이며, 이들 3개의 광섬유는 2100미터의 길이에 걸친 구조물 내의 정밀한 변형위치 발견을 가능하게 한다. 가장 정밀하게는 변형은 10개의 브래그 격자의 시리즈 하나의 길이에 상응하는 10미터까지 발견된다. 이러한 수준의 정밀도는 토목 구조물의 감시를 위해 완벽하게 적절하다.

2개의 광섬유 상의 브래그 격자의 분포에 대한 규칙은 예를 들어 상기된 것과 상이할 수 있음은 물론이다.

그러므로, 예를 들어, 또 다른 분포 규칙에 따르면, 적어도 하나의 광섬유에 있어서, 하나의 시리즈 내의 격자의 개수  $N1$ 은 다른 광섬유 내의 하나의 세트의 격자의 개수와 동일하다.

예를 들어, 제1 광섬유는 10개의 시리즈를 가지는 하나의 세트를 포함하며, 각각의 시리즈는 1미터 간격으로 이격된 100개의 동일한 브래그 격자를 포함한다. 제2 광섬유는 10개의 시리즈를 가지는 세트들을 포함하며, 각각의 시리즈는 1미터 간격으로 이격된 10개의 브래그 격자를 포함한다. 이들 2개의 광섬유는 길이가 1킬로미터인 구조물 내에서 변형위치의 정확한 발견을 위해 제공된다.

또한, 본 발명은 상기 방법의 적용을 위한 토목 섬유에 관한 것이다.

본 발명에 따르면, 상기 토목 섬유는 평행한 복수개의 광섬유를 포함하며, 상기 광섬유는 동일한 파장에 상응하는  $N1$  개의 연속적인 격자의 시리즈 내에서 균등하게 이격된 브래그 격자를 포함하며, 상기 시리즈는 상이한 파장에 상응하는  $N2$  개의 연속적인 시리즈의 동일한 세트 내에 분포된다.

상기 광섬유는 토목 섬유의 제조 중에 삽입되는 것이 바람직하다. 상기 광섬유는 쉬트 또는 랩의 주 방향으로 놓여지는 것이 바람직하지만, 필요하다면 횡방향으로도 놓여질 수 있다.

상기 광섬유는 토양 내의 활동적인 작용제로 인한 전단 파괴에 대하여, 높은 pH(콘크리트와 접촉)를 갖는 물의 영향에 대하여, 그리고 부식 작용제에 대하여 상기 광섬유를 보호하기 위한 외피를 포함하는 것이 바람직하다.

상기 광섬유는 상기 토목 섬유(1)의 길이방향으로 부설되는 것이 바람직하다.

본 발명의 다른 장점 및 특징들은 실시예로서 아래에 주어진 설명과 첨부된 도면을 참조함으로써 명확해질 것이다.

### 실시예

도 1은 낮은 반사율의 브래그 격자(Bragg grating)(3)를 포함한 광섬유(2a 내지 2e)를 갖추고 있으며, 토목 구조물, 예를 들어 자동차 도로나 철길의 성토부를 보강하기 위해서 이용되도록 설계된 토목 섬유(1)의 사시도이다.

브래그 격자(3)는 광섬유(2a 내지 2b)를 따라서 예를 들어 1미터의 간격마다 균등하게 이격되어 있으며, N1 개의 동일 격자(3)를 포함하는 시리즈(4) 내에 분포된다. 이것은, 응력이 존재하지 않을 때 명료하게 결정된 파장을 갖는 입사광 일부를 반사할 수 있으며, 반사된 광의 파장은 상응하는 광섬유에 길이방향으로 적용되는 응력에 따라서 값이 변화된다. 도 1에 도시된 예에서, 5개의 광섬유(2a 내지 2b)의 시리즈(4)는 동일한 개수(N1)의 격자(3)를 포함하며 그에 따라 동일한 길이에 걸쳐 연장된다.

몇 개의 연속적인 시리즈(4)는 격자의 세트(5)를 이루는 상이한 파장에 상응하며 섬유의 전체 길이에 걸쳐 재생산(reproduced)된다.

토목 섬유(1) 내의 적어도 2개의 광섬유는 N2 개의 상이한 세트를 갖는 세트(5)를 포함하며, 모든 광섬유(2a 내지 2e)가 N2 개의 상이한 세트를 갖는 브래그 격자의 세트(5)를 포함하는 토목 섬유(1)도 만들어 낼 수 있다.

개수들(N2)은, 토목 섬유(1)의 가능한 변형의 정확한 위치를 제공하기 위해서, 서로 소수(서로소)인 것이 바람직하다.

광섬유(2a 및 2b)는 운반을 위하여 테이프 릴에 감긴 토목 섬유(1)의 길이 방향으로 놓이는 것이 바람직하다.

광섬유(2a 내지 2e)는 예를 들어 1미터의 간격으로 이격되어 놓여진다. 일단 토목 섬유(1)가 지면에 평평하게 놓여지면, 격자(3)는 장방향 메쉬를 형성한다. 그러나 이러한 메쉬는 장방형이어야만 하는 것은 아니며, 장방형이 아니어도 본 발명의 범위를 벗어나지 않는다. 그렇지만, 이러한 메쉬는, 수평면 내의 작은 단면을 갖는 아래에 있는 공동 지붕의 우발적인 침하로 인한 변형을 검출할 수 있도록, 지나치게 넓지 않아야 한다.

통상 토목 섬유(1)는 대략 5.5미터의 폭을 가지며, 보강될 토목 구조물의 폭이 토목 섬유(1)의 폭보다 넓으면, 몇 개의 토목 섬유가 나란히 놓인다. 이러한 토목 섬유 띠는 보강될 토목 구조물 내에서 중첩될 수도 있다.

광섬유(2a 내지 2b)의 전단 파괴(shear failure), 예를 들어 토양 내의 활동적인 작용제로 인한 파괴를 방지하기 위해서, 또한 수분, 높은 pH 값을 갖는 부식 작용제 및 또 다른 부식 작용제의 영향에 대하여 광섬유를 보호하기 위해서, 광섬유(2a 내지 2e)는 적절한 보호 외피 내에 위치된다.

토목 섬유의 일단에서 광섬유(2a 내지 2b)는, 광섬유(2a 내지 2e)의 중심으로 광을 전송하기 위한 수단, 브래그 격자(3)에 의해 반사된 광의 주파수를 측정하기 위한 수단, 작동중 반사된 광의 파장과 응력이 존재하지 않을 때, 즉 구조물의 건설 동안에 반사된 광의 파장 사이의 차이를 측정하기 위한 수단, 가능한 변형의 위치 및 구조적인 변형으로 인한 광섬유의 신장을 나타내기 위한 연산 수단, 데이터를 저장하기 위한 수단, 결과를 표시하기 위한 수단, 그리고, 필요하다면, 경보를 전하기 위한 경고 수단을 포함하는 제어 시스템(10)에 접속된다.

도 2 및 도 3에 있어서, 미리 결정된, 상이한 파장에 상응하는 격자의 시리즈(4)에 참조기호 B, V, R, J, 및 M이 주어진다.

도 2에 있어서, 광섬유(2a)는 참조기호 B, V, R, J, M을 가지는 5개의 시리즈를 포함하는 세트(5)를 포함하며, 광섬유(2b)는 참조기호 B, V, R, J를 가지는 4개의 시리즈를 포함하는 세트(5)를 포함한다.

토목 섬유(1)의 전체 길이가 격자(3)의 20개의 시리즈(4)에 상응하는 경우, 시리즈 내의 변형, 예를 들어 왼쪽에서 14번째 시리즈 내의 변형은, 광섬유(2a) 상의 참조기호 J의 파장이 변경되었고 광섬유(2b) 상의 참조기호 V의 파장이 변경되었고 2개의 파장의 각 조합이 시리즈의 정확한 위치에 상응한다는 사실로, 제어 시스템(10)에 의해 파악된다.

도 3에 있어서, 광섬유(2b)는 한 세트당 참조기호 B, V, R, J, 및 M을 가지는 5개의 시리즈를 포함하며, 광섬유(2a)는 예를 들어 참조기호 B, V, R, J, 및 M을 가지는 5개의 시리즈를 포함하되, 광섬유(2a)의 각각의 시리즈의 길이는 광섬유(2b)의 하나의 세트의 길이와 동일하다.

또한, 토목 섬유(1)의 전체 길이가 광섬유(2b)의 25개의 시리즈에 상응하고, 광섬유(2a)의 하나의 세트에 상응하는 경우, 도 3에 있어서 왼쪽으로부터, 광섬유(2b)의 시리즈의 각각의 위치는 광섬유(2b) 상의 이 시리즈에 상응하는 파장 및 광섬유(2a) 상의 인접한 시리즈의 파장에 의해 정확하게 식별된다.

광섬유(2a 내지 2c)는 작동 동안에 구조물의 어떠한 변형이라도 추종하도록 기능하여, 제어 시스템(10)은, 0과 3 또는 4% 사이의 변형 범위에서 직접적으로 브래그 격자(3)에 의해 반사된 광의 파장을 판독함으로써 국지적인 응력을 발견 및 측정하기 위해서, 그리고 3 혹은 4% 사이의 범위에서의 변형의 수준 및 사용되고 있는 섬유에 따라 8%에 가깝거나 그 이상의 변형의 수준에서 일어나는 광섬유의 파열을 발견해 내기 위해서 이용된다.

토목 섬유(1)의 부설 및 구조물, 즉 아래에 있는 구조물의 건설에 이어, 최초의 측정이 시스템의 기준상태를 정의하기 위해서 실시된다. 광섬유의 각 격자의 위치는, 토목 섬유(1)의 폭 방향으로 정렬된 모든 광섬유(2a 및 2b)의 격자(3)의 파장을 식별함으로써 찾아진다.

건설 후에 발생하는 변형의 경우에, 변형이 발생한 곳의 브래그 격자(3)에 의해 반사된 광의 파장은 변경되는 한편, 나머지 브래그 격자의 파장은 변경되지 않는다. 따라서 변형이 발견 및 측정된다.

### 도면의 간단한 설명

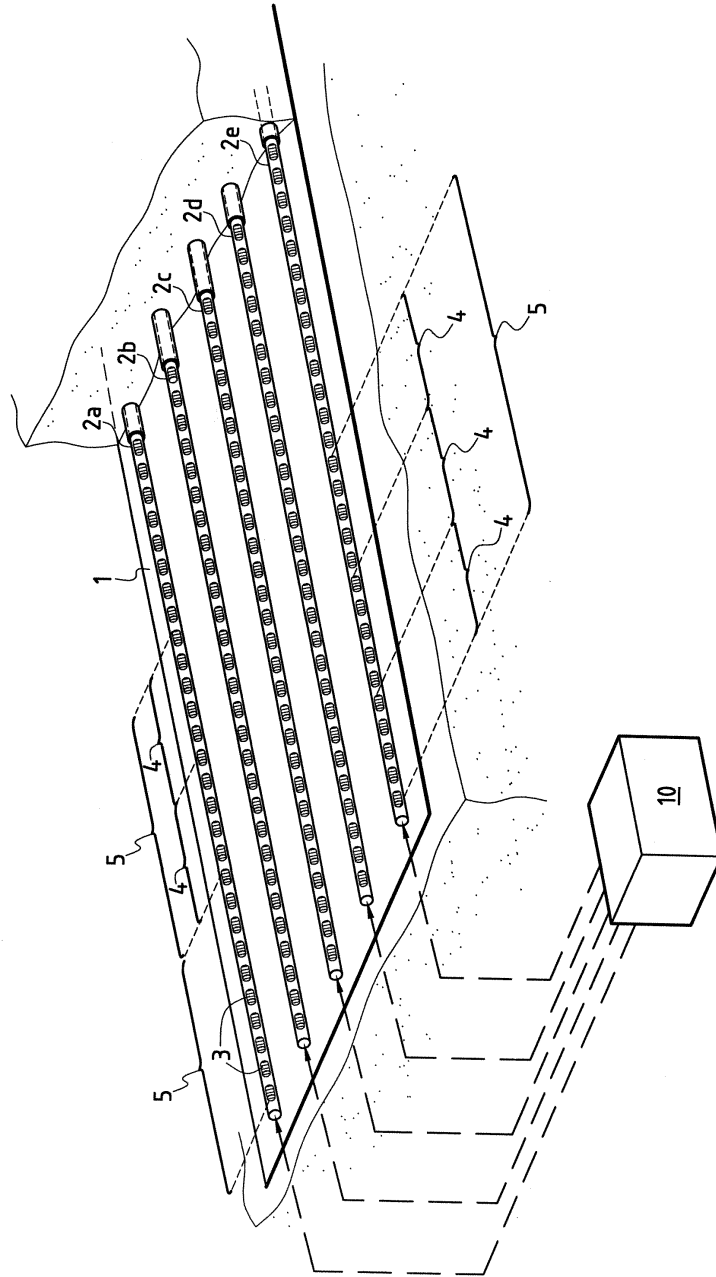
도 1은 브래그 격자(Bragg grating)를 포함한 광섬유를 갖춘 토목 섬유의 사시도,

도 2는 2개의 광섬유에서 상이한 시리즈 중 동일 세트에 있어서의 브래그 격자 분포의 제1 형태를 나타내는 도면, 그리고

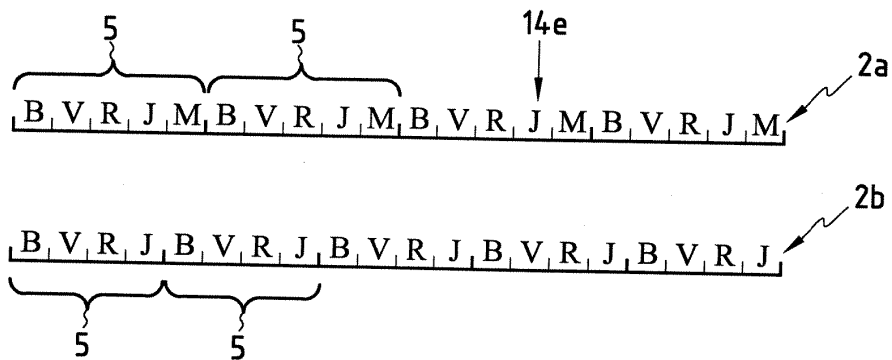
도 3은 2개의 광섬유에서 상이한 세트 중 동일 세트에 있어서의 브래그 격자 분포의 제2 형태를 나타내는 도면이다.

도면

도면1



도면2



도면3

