



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

(45) 공고일자 2012년04월23일  
 (11) 등록번호 10-1138053  
 (24) 등록일자 2012년04월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 E02D 3/10 (2006.01) E02D 31/00 (2006.01)  
 E02D 31/02 (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2009-0109018  
 (22) 출원일자 2009년11월12일  
 심사청구일자 2009년11월12일  
 (65) 공개번호 10-2011-0052106  
 (43) 공개일자 2011년05월18일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR100400802 B1  
 KR100872463 B1  
 KR1020040090314 A  
 JP2004097912 A

(73) 특허권자  
 한국해양연구원  
 경기도 안산시 상록구 해안로 787 (사동)  
 (72) 발명자  
 오명학  
 경기도 용인시 기흥구 용구대로2469번길 20, 아파트 1308호 (보정동, 죽전자이2차)  
 권오순  
 경기도 수원시 장안구 만석로159번길 31, 105동 1107호 (정자동, 경남아너스빌)  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
 이종승, 권형중, 김문재

전체 청구항 수 : 총 11 항

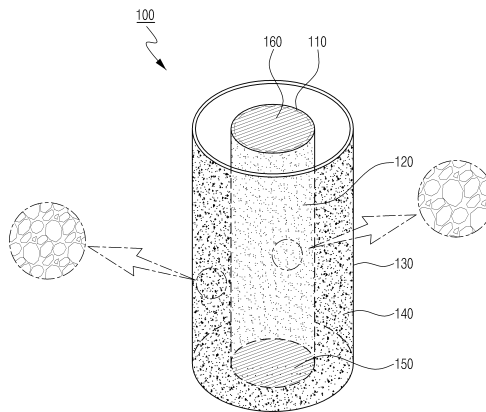
심사관 : 전천규

(54) 발명의 명칭 **반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일 및 이를 이용한 연약지반의 개량방법**

**(57) 요약**

반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일 및 이를 이용한 연약지반의 개량방법이 개시된다. 본 발명의 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일은, 연약지반에 관통된 드레인 홀을 따라 삽입되는 샌드 드레인의 내부에 관입되며 연약지반의 간극수가 통과하지 못하는 불 투수성 재질로 마련되는 중공형 제1 커버부; 및 제1 커버부 내측의 중공 부분에 충전되며 연약지반의 하측으로부터 유입되어 상측으로 이동되는 간극수 내의 오염물질이 정화될 수 있도록 오염물질에 대한 반응성을 갖는 제1 오염물질 반응부를 포함하는 것을 특징으로 한다. 본 발명에 의하면, 연약지반 내의 간극수를 배수시키면서도 간극수 내의 오염물질을 동시에 정화할 수 있도록 함으로써 배수촉진 및 오염정화를 동시에 수행할 수 있는 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일을 제공할 수 있게 된다.

**대표도** - 도2



(72) 발명자

**권오정**

서울특별시 용산구 이촌로64길 15, LG한강자이아파트 108동 1202호 (이촌동)

**박준범**

경기도 성남시 분당구 중앙공원로 17, 시범단지 318동 1202호 (서현동, 한양아파트)

**이광현**

서울특별시 송파구 송파대로 567, 주공아파트 525동 907호 (잠실동)

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

연약지반에 관통된 드레인 홀을 따라 삼입되는 샌드 드레인의 내부에 관입되며 상기 연약지반의 간극수가 통과하지 못하는 불 투수성 재질로 마련되는 중공형 제1 커버부; 및

상기 제1 커버부 내측의 중공 부분에 충전되며 상기 연약지반의 하측으로부터 유입되어 상측으로 이동되는 상기 간극수 내의 오염물질이 정화될 수 있도록 오염물질에 대한 반응성을 갖는 제1 오염물질 반응부를 포함하며,

상기 제1 커버부 및 상기 제1 오염물질 반응부는,

상기 샌드 드레인의 하단부로부터 일정간격 이격되어 상기 샌드 드레인의 내부에 관입되는 것을 특징으로 하는 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일.

**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

제1항에 있어서,

상기 연약지반의 하측으로부터 상기 제1 오염물질 반응부 측으로 상기 간극수가 유입될 수 있도록 상기 제1 오염물질 반응부의 하단부를 덮도록 마련되는 제1 배수매트; 및

상기 제1 오염물질 반응부를 따라 상측으로 이동되는 상기 간극수가 외부로 유출될 수 있도록 상기 제1 오염물질 반응부의 상단부를 덮도록 마련되는 제2 배수매트를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일.

**청구항 4**

제1항에 있어서,

상기 제1 오염물질 반응부는,

투수계수  $10^{-3} \sim 10^{-1}$  cm/sec 범위를 만족하는 제강슬래그 또는 제올라이트 재질로 마련되는 것을 특징으로 하는 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일.

**청구항 5**

제1항에 있어서,

상기 제1 커버부는,

HDPE(High Density Polyethelene) 파이프 또는 PVC 파이프로 마련되는 것을 특징으로 하는 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일.

**청구항 6**

제3항에 있어서,

상기 제1 배수매트 및 상기 제2 배수매트는 각각,

투수성을 갖는 토목섬유로 마련되는 것을 특징으로 하는 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일.

**청구항 7**

연약지반에 관통된 드레인 홀을 따라 관입되며 상기 연약지반의 간극수가 통과하지 못하는 불 투수성 재질로 마련되는 중공형 제1 커버부;

상기 제1 커버부 내측의 중공 부분에 충전되며 상기 연약지반의 하측으로부터 유입되어 상측으로 이동되는 상기 간극수 내의 오염물질이 정화될 수 있도록 오염물질에 대한 반응성을 갖는 제1 오염물질 반응부;

상기 제1 커버부로부터 일정간격 이격되어 상기 드레인 홀의 내주면에 인접하도록 배치되며 투수성 재질로 마련되는 제2 커버부; 및

상기 제1 커버부와 상기 제2 커버부 사이에 충전되며 상기 간극수 내의 오염물질이 정화될 수 있도록 오염물질에 대한 반응성을 갖는 제2 오염물질 반응부를 포함하며,

상기 제1 커버부 및 상기 제1 오염물질 반응부의 하단부는,

상기 제2 커버부 및 상기 제2 오염물질 반응부의 하단부로부터 상측으로 일정간격 이격되는 것을 특징으로 하는 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일.

**청구항 8**

삭제

**청구항 9**

제7항에 있어서,

상기 제2 오염물질 반응부는,

투수계수  $10^{-3} \sim 10^{-1}$  cm/sec 범위를 만족하는 제강슬래그, 제올라이트 및 모래 중 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일.

**청구항 10**

(a) 맨드릴을 사용하여 연약지반에 드레인 홀을 형성시키는 단계;

(b) 상기 연약지반의 간극수 내의 오염물질이 정화될 수 있도록 오염물질에 대한 반응성을 갖는 반응성 물질을 상기 드레인 홀의 하단부 일정 영역에 충전하는 단계;

(c) 상기 반응성 물질의 상측에 배치되도록 상기 드레인 홀을 따라 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일을 관입시키는 단계; 및

(d) 상기 드레인 홀의 내주면 및 상기 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일의 외주면 사이의 공간에 상기 반응성 물질을 충전하는 단계를 포함하며,

상기 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일은,

상기 드레인 홀을 따라 관입되며 상기 연약지반의 간극수가 통과하지 못하는 불 투수성 재질로 마련되는 중공형 제1 커버부; 및

상기 제1 커버부 내측의 중공 부분에 충전되며 상기 연약지반의 하측으로부터 유입되어 상측으로 이동되는 상기 간극수 내의 오염물질이 정화될 수 있도록 오염물질에 대한 반응성을 갖는 제1 오염물질 반응부를 포함하는 것을 특징으로 하는 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일을 이용한 연약지반의 개량방법.

**청구항 11**

제10항에 있어서,

상기 (d) 단계 후에,

(e) 상기 연약지반의 지면 중 상기 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일이 배치된 부분을 제외한 다른 부분의 지면에 불 투수성 재질의 차수 부재를 설치하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일을 이용한 연약지반의 개량방법.

**청구항 12**

제11항에 있어서,

상기 (e) 단계 후에,

상기 연약지반의 하측으로부터 상측으로 이동되는 상기 간극수가 상기 연약지반의 지면과 실질적으로 평행한 방

향을 따라 이동될 수 있도록 상기 차수 부재의 상면 및 상기 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일의 상면을 덮도록 배수매트를 설치하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일을 이용한 연약지반의 개량방법.

**청구항 13**

제11항에 있어서,

상기 차수 부재는,

불 투수성 토목섬유인 것을 특징으로 하는 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일을 이용한 연약지반의 개량방법.

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일 및 이를 이용한 연약지반의 개량방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 연약지반 내의 간극수를 배수시키면서도 간극수 내의 오염물질을 동시에 정화할 수 있도록 함으로써 배수촉진 및 오염정화를 함께 수행할 수 있는 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일 및 이를 이용한 연약지반의 개량방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 일반적으로 해안이나 하천, 호수, 항만 등을 간척이나 준설 또는 매립에 의하여 형성시킨 지역은 그 지표면이 물과 점성토 또는 물과 펄이 혼합된 습지를 형성하고 있을 뿐만 아니라, 지반의 내부에는 간극수를 내재하여 지반의 전체적인 강도가 매우 약하게 되는 연약지반을 형성하게 되므로, 이와 같은 지역을 공업지역이나 상업지역으로 활용하기 위해서는 연약지반을 부지활용도에 적합하도록 개량하는 작업이 선행되어야 한다.

[0003] 이와 같이 연약지반을 개량하기 위한 공법으로는, 샌드 드레인 공법이나 페이퍼 드레인 공법과 같이 모래기둥이나 드레인 페이퍼보드를 케이싱에 의하여 지반에 삽입시켜 지중의 간극수를 지표면으로 배출시킴으로써 연약지반의 압밀을 촉진시키도록 한 수직배수공법과, 모래다짐말뚝을 지반에 형성시켜 지중 간극수의 배출과 함께 지반의 지지력을 보강시키도록 한 샌드 컴팩션 파일공법과, 산토(山土)매립 등에 의한 강제치환공법, 또는 석회기둥을 이용한 립컬럼공법과 같은 여러 가지의 공법들이 현장여건에 따라 다양하게 채택되어 사용되고 있다.

[0004] 이 중 샌드 드레인(Sand drain) 공법은, 연직배수공법의 대표적인 공법으로서, 모래를 배수재로 이용하여 연약지반 내에 연직으로 모래 말뚝을 인위적으로 타설함으로써, 이로부터 배수효과를 촉진시키는 공법을 말한다.

[0005] 도 1은 종래의 샌드 드레인 공법의 개략적인 모식도이다.

[0006] 도 1을 참조하면, 종래의 샌드 드레인 공법은 먼저 맨드릴(미도시)을 사용하여 일정간격으로 압축성 점토지반에 드레인 홀(H)을 천공하고, 다음으로 천공된 드레인 홀(H)에 모래(S) 등을 충전함으로써 압축성 점토지반을 압밀하여 배수를 촉진하게 된다.

[0007] 하지만, 이러한 종래의 샌드 드레인 공법은 연약지반 내의 간극수(W)가 중금속 등으로 오염된 경우 이를 처리하지 못하므로 오염된 간극수(W)를 정화하기 위한 별도의 지반정화작업을 완료한 후에야 사용될 수 있는 문제점이 있다.

[0008] 이러한 문제점을 고려하여 연약지반을 개량함과 동시에 오염된 간극수(W) 등을 정화할 수 있는 방법이 제시된바 있으나, 종래기술에 따른 연약지반의 개량 및 정화방법은 오염된 간극수(W) 등에 반응하는 반응 매질과 오염된 간극수(W)가 상호 반응하는데 요구되는 충분한 공간적 길이와 시간적 여유를 확보하지 못함에 따라 정화효율이 떨어지는 문제점이 있다. 즉, 도 1에 도시된 바와 같이, 종래기술에 따른 연약지반의 개량 및 정화방법은 드레인 홀(H)에 모래가 아닌 오염물질을 정화할 수 있는 반응성 물질을 충전하는 경우라도 연약지반으로부터 반응성 물질 측으로 유입되는 간극수(W)가 연약지반의 상측 및 하측에 걸쳐 지면과 평행한 방향으로 직접 유입되게 되므로, 연약지반의 상측으로부터 유입되는 간극수(W) 내의 오염물질이 반응성 물질과 충분히 반응할 수 있는 시간과 공간을 확보하지 못하는 되는 문제점이 있다.

[0009] 또한, 종래기술에 따른 연약지반의 개량 및 정화방법은 모듈화된 구조체에 의하여 이루어지는 것이 아니므로 설치에 시간이 많이 소모될 뿐만 아니라 설치 작업이 번거롭고 반응 매질의 정화능력이 한계에 달하면 더 이상 오염된 간극수를 정화하지 못하게 되는 문제점이 있다.

**발명의 내용**

**해결 하고자하는 과제**

[0010] 본 발명의 목적은, 연약지반 내의 간극수를 배수시키면서도 간극수 내의 오염물질을 동시에 정화할 수 있도록 함으로써 배수촉진 및 오염정화를 함께 수행할 수 있는 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일 및 이를 이용한 연약지반의 개량방법을 제공하는 것이다.

**과제 해결수단**

[0011] 상기 목적은, 본 발명에 따라, 연약지반에 관통된 드레인 홀을 따라 삽입되는 샌드 드레인의 내부에 관입되며 상기 연약지반의 간극수가 통과하지 못하는 불 투수성 재질로 마련되는 중공형 제1 커버부; 및 상기 제1 커버부 내측의 중공 부분에 충전되며 상기 연약지반의 하측으로부터 유입되어 상측으로 이동되는 상기 간극수 내의 오염물질이 정화될 수 있도록 오염물질에 대한 반응성을 갖는 제1 오염물질 반응부를 포함하는 것을 특징으로 하는 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일에 의하여 달성된다.

[0012] 상기 제1 커버부 및 상기 제1 오염물질 반응부는, 상기 샌드 드레인의 하단부로부터 일정간격 이격되어 상기 샌드 드레인의 내부에 관입될 수 있다.

[0013] 상기 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일은, 상기 연약지반의 하측으로부터 상기 제1 오염물질 반응부 측으로 상기 간극수가 유입될 수 있도록 상기 제1 오염물질 반응부의 하단부를 덮도록 마련되는 제1 배수매트; 및 상기 제1 오염물질 반응부를 따라 상측으로 이동되는 상기 간극수가 외부로 유출될 수 있도록 상기 제1 오염물질 반응부의 상단부를 덮도록 마련되는 제2 배수매트를 더 포함할 수 있다.

[0014] 상기 제1 오염물질 반응부는, 투수계수  $10^{-3} \sim 10^{-1}$  cm/sec 범위를 만족하는 제강슬래그 또는 제올라이트 재질로 마련될 수 있다.

[0015] 상기 제1 커버부는, HDPE(High Density Polyethylene) 파이프 또는 PVC 파이프로 마련될 수 있다.

[0016] 상기 제1 배수매트 및 상기 제2 배수매트는 각각, 투수성을 갖는 토목섬유로 마련될 수 있다.

[0017] 상기 목적은, 본 발명에 따라, 연약지반에 관통된 드레인 홀을 따라 관입되며 상기 연약지반의 간극수가 통과하지 못하는 불 투수성 재질로 마련되는 중공형 제1 커버부; 상기 제1 커버부 내측의 중공 부분에 충전되며 상기 연약지반의 하측으로부터 유입되어 상측으로 이동되는 상기 간극수 내의 오염물질이 정화될 수 있도록 오염물질에 대한 반응성을 갖는 제1 오염물질 반응부; 상기 제1 커버부로부터 일정간격 이격되어 상기 드레인 홀의 내주면에 인접하도록 배치되며 투수성 재질로 마련되는 제2 커버부; 및 상기 제1 커버부와 상기 제2 커버부 사이에 충전되며 상기 간극수 내의 오염물질이 정화될 수 있도록 오염물질에 대한 반응성을 갖는 제2 오염물질 반응부를 포함하는 것을 특징으로 하는 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일에 의해서도 달성된다.

[0018] 상기 제1 커버부 및 상기 제1 오염물질 반응부의 하단부는, 상기 제2 커버부 및 상기 제2 오염물질 반응부의 하단부로부터 상측으로 일정간격 이격될 수 있다.

[0019] 상기 제2 오염물질 반응부는, 투수계수  $10^{-3} \sim 10^{-1}$  cm/sec 범위를 만족하는 제강슬래그, 제올라이트 및 모래 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0020] 상기 목적은, 본 발명에 따라, (a) 맨드릴을 사용하여 연약지반에 드레인 홀을 형성시키는 단계; (b) 상기 연약지반의 간극수 내의 오염물질이 정화될 수 있도록 오염물질에 대한 반응성을 갖는 반응성 물질을 상기 드레인 홀의 하단부 일정 영역에 충전하는 단계; (c) 상기 반응성 물질의 상측에 배치되도록 상기 드레인 홀을 따라 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일을 관입시키는 단계; 및 (d) 상기 드레인 홀의 내주면 및 상기 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일의 외주면 사이의 공간에 상기 반응성 물질을 충전하는 단계를 포함하며, 상기 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일은, 상기 드레인 홀을 따라 관입되며 상기 연약지반의 간극수가 통과하지 못하는 불 투수성 재질로 마련되는 중공형 제1 커버부; 및 상기 제1 커버부 내측의 중공 부분에 충전되며 상기 연약지반의 하측으로부터 유입되어 상측으로 이동되는 상기 간극수 내의 오염물질이 정화될 수 있도록 오염물질에 대한 반

응성을 갖는 제1 오염물질 반응부를 포함하는 것을 특징으로 하는 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일을 이용한 연약지반의 개량방법에 의해서도 달성된다.

- [0021] 상기 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일을 이용한 연약지반의 개량방법은, 상기 (d) 단계 후에, (e) 상기 연약지반의 지면 중 상기 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일이 배치된 부분을 제외한 다른 부분의 지면에 불 투수성 재질의 차수 부재를 설치하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0022] 상기 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일을 이용한 연약지반의 개량방법은, 상기 (e) 단계 후에, 상기 연약지반의 하층으로부터 상층으로 이동되는 상기 간극수가 상기 연약지반의 지면과 실질적으로 평행한 방향을 따라 이동될 수 있도록 상기 차수 부재의 상면 및 상기 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일의 상면을 덮도록 배수매트를 설치하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0023] 상기 차수 부재는, 불 투수성 토목섬유일 수 있다.

**효 과**

- [0024] 본 발명에 의하면, 연약지반의 간극수가 통과하지 못하는 불 투수성 재질로 마련되는 중공형 제1 커버부와, 제1 커버부 내측의 중공 부분에 충전되며 오염물질에 대한 반응성을 갖는 제1 오염물질 반응부를 포함하여 연약지반 내의 간극수를 배수시키면서도 간극수 내의 오염물질을 동시에 정화할 수 있도록 함으로써 배수촉진 및 오염정화를 동시에 수행할 수 있는 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일을 제공할 수 있게 된다.

**발명의 실시를 위한 구체적인 내용**

- [0025] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세하게 설명하면 다음과 같다. 다만, 본 발명을 설명함에 있어서, 이미 공지된 기능 혹은 구성에 대한 설명은, 본 발명의 요지를 명료하게 하기 위하여 생략하기로 한다.
- [0026] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일의 사시도이며, 도 3은 도 2의 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일의 정면도이다.
- [0027] 도 2 및 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일(100, 이하 '연직배수 공법용 파일(100)'이라 함)은 불 투수성 재질로 마련되는 중공형 제1 커버부(110)와, 제1 커버부(110) 내측에 충전되는 제1 오염물질 반응부(120)와, 제1 커버부(110)로부터 일정간격 이격되며 투수성 재질로 마련되는 제2 커버부(130)와, 제1 커버부(110)와 제2 커버부(130) 사이에 충전되는 제2 오염물질 반응부(140)와, 제1 커버부(110)의 하단부를 덮는 제1 배수매트(150)와, 제1 커버부(110)의 상단부를 덮는 제2 배수매트(160)를 포함한다.
- [0028] 제1 커버부(110)는 제1 오염물질 반응부(120)가 충전될 수 있는 공간을 제공하며, 연약지반(SG, 도 8 참조)으로부터 유입되는 간극수(W, 도 8 참조)가 제1 오염물질 반응부(120)의 하측으로 이동될 수 있도록 불 투수성 재질로 마련되는 부재이다.
- [0029] 제1 커버부(110)는 HDPE(High-Density Polyethylene) 재질의 HDPE 파이프 또는 PVC(Polyvinyl Chloride) 재질의 PVC 파이프로 마련되며, 여기서 HDPE는 전선, 호스, 파이프, 로프 등 압출 성형품에 사용되는 합성수지를 말하고, PVC는 염화비닐의 단독중합체 또는 염화비닐을 50% 이상 함유한 혼성중합체(混成重合體)로 포장용·농업용 등의 시트, 필름 또는 압출성형에 의한 수도관의 제조에 사용되는 재료를 말한다. 다만, 제1 커버부(110)의 재질은 전술한 예에 한정되지 않는다.
- [0030] 도 2에 도시된 바와 같이 원주 형상으로 마련되는 제1 커버부(110)는 내부에 중공부분이 형성되며 이러한 중공부분을 따라서는 제1 오염물질 반응부(120)가 충전된다.
- [0031] 한편, 제1 오염물질 반응부(120)는 제2 커버부(130)로부터 유입된 후 제1 커버부(110)에 의해 연약지반(SG)의 하측으로 이동된 간극수(W)가 상층으로 이동되면서 간극수(W) 내에 포함되어 있는 오염물질들이 정화될 수 있도록 마련되는 구성이다.
- [0032] 제1 오염물질 반응부(120)는 간극수(W) 내의 오염물질을 정화하기 위해 오염물질에 대한 반응성을 갖는 제강슬래그(Slag) 또는 제올라이트(Zeolite) 재질로 마련된다. 여기서 제강슬래그는 광석으로부터 금속을 빼내고 남은 찌꺼기를 말하며, 제올라이트는 결정질 알루미늄 규산염광물을 말한다.



- [0033] 제1 오염물질 반응부(120)는 입경 0.074 ~ 4.75 mm 범위 및 투수계수  $10^{-3} \sim 10^{-1}$  cm/sec 범위를 만족하는 제강슬래그 또는 제올라이트로 마련됨으로써 간극수(W) 내의 오염물질에 대한 반응성을 향상시킬 수 있도록 한다.
- [0034] 즉, 제1 오염물질 반응부(120)의 하측으로부터 유입되는 간극수(W)는 제1 오염물질 반응부(120)의 상측으로 이동하면서 제1 오염물질 반응부(120)를 구성하는 제강슬래그 또는 제올라이트와 반응하게 되며 이에 따라 오염물질이 정화되게 되는 것이다.
- [0035] 다만, 제1 오염물질 반응부(120)의 구성물질은 전술한 제강슬래그 또는 제올라이트에 한정되는 것이 아니며 필요에 따라 유사한 입경 및 투수계수를 갖는 굴괘각 등을 사용하여 마련될 수도 있다.
- [0036] 제1 커버부(110) 및 제1 오염물질 반응부(120)를 포함하는 본 실시예의 연직배수 공법용 파일(100)은, 간극수(W)의 흐름을 연약지반(SG)의 하측으로 유도하고 이후 제1 오염물질 반응부(120)의 하측으로부터 상측으로 이동될 수 있도록 함으로써 간극수(W) 내부의 오염물질이 제거될 수 있는 충분한 반응거리 및 반응시간을 확보할 수 있도록 하여 외부에 추가적인 오염정화시설을 설치하지 않더라도 연약지반(SG)의 개량과 오염물질의 정화를 동시에 수행할 수 있는 장점을 갖는다.
- [0037] 한편, 제2 커버부(130)는 제1 커버부(110)로부터 일정간격 이격되어 드레인 홀(DH, 도 6 참조)의 내주면에 접하도록 마련되는 부재이다. 제2 커버부(130)는 제1 커버부(110)와 달리 투수성 재질로 마련되어 연약지반(SG)으로부터 유입되는 간극수(W)가 제2 커버부(130)의 내측으로 이동될 수 있도록 한다.
- [0038] 본 실시예의 경우 제2 커버부(130)는 폴리프로필렌(Polypropylene), 폴리에스터(Polyester), 폴리에틸렌(Polyethylene), 폴리아크릴니트릴(Polyacrylonitril) 또는 나일론 등의 합성섬유를 직조하여 형성된 다공성 투수성 제품인 지오텍스타일(Geotextile) 재질로 마련된다. 다만, 제2 커버부(130)의 재질은 전술한 예에 한정되지 않는다.
- [0039] 제2 오염물질 반응부(140)는 제1 커버부(110)와 제2 커버부(130) 사이의 공간에 충전되어 연약지반(SG)으로부터 유입되는 간극수(W)의 오염물질을 일차적으로 정화시키는 부분이다. 제2 오염물질 반응부(140)는 입경 0.074 ~ 4.75 mm 범위 및 투수계수  $10^{-3} \sim 10^{-1}$  cm/sec 범위를 만족하는 제강슬래그, 제올라이트, 굴괘각 및 모래 중 적어도 어느 하나를 포함하도록 마련되어 간극수(W) 내의 오염물질에 대한 반응성을 향상시킬 수 있도록 한다.
- [0040] 제2 오염물질 반응부(140)는 제1 오염물질 반응부(120)와 동일하게 제강슬래그, 제올라이트 또는 굴괘각 중 어느 하나로 마련될 수도 있으며, 필요에 따라 제강슬래그와 모래를 혼합하거나 제올라이트와 모래를 혼합하여 마련될 수 있다. 즉, 제2 오염물질 반응부(140)는 다양한 구성물질을 포함하도록 마련될 수 있는 것이다.
- [0041] 다만, 제2 오염물질 반응부(140)를 구성하는 제강슬래그, 제올라이트 또는 굴괘각 중 어느 하나와 모래를 혼합시키는 경우 간극수(W) 내의 오염물질을 정화시키면서도 간극수(W)가 신속하게 제2 오염물질 반응부(140)를 거쳐 연약지반(SG)의 하측으로 이동할 수 있도록 하는 장점을 갖는다.
- [0042] 한편, 제1 배수매트(150) 및 제2 배수매트(160)는 각각 제1 커버부(110)의 하측 및 상측을 덮도록 마련되는 투수성 재질의 부재이다. 제2 커버부(130)를 거쳐 유입된 연약지반(SG) 내의 간극수(W)는 제2 오염물질 반응부(140)를 거치며 일차적으로 정화가 이루어지며, 불 투수성 재질로 마련되는 제1 커버부(110)에 의해 연약지반(SG)의 하측으로 이동한 뒤 제1 배수매트(150)를 통해 제1 오염물질 반응부(120) 측으로 이동하게 된다.
- [0043] 또한 제1 오염물질 반응부(120)는 간극수(W)가 이동할 수 있는 충분한 공간적인 거리와 시간을 확보할 수 있도록 함으로써 간극수(W) 내의 오염물질을 이차적으로 정화시키고, 정화된 간극수(W)는 제2 배수매트(160)를 거쳐 외부로 유출된다.
- [0044] 제1 배수매트(150) 및 제2 배수매트(160)는 각각, 전술한 제2 커버부(130)와 동일하게 폴리프로필렌(Polypropylene), 폴리에스터(Polyester), 폴리에틸렌(Polyethylene), 폴리아크릴니트릴(Polyacrylonitril) 또는 나일론 등의 합성섬유를 직조하여 형성된 다공성 투수성 제품인 지오텍스타일(Geotextile) 재질로 마련된다.
- [0045] 다만, 본 발명의 권리범위는 제1 배수매트(150) 및 제2 배수매트(160)의 재질에 의하여 제한되지 않는다.
- [0046] 본 실시예의 연직배수 공법용 파일(100)은 제1 커버부(110), 제1 오염물질 반응부(120), 제2 커버부(130) 및 제2 오염물질 반응부(140)가 모듈화된 상태로 마련되어 연약지반(SG)에 드레인 홀(DH)을 천공한 뒤 즉시 삽입될 수 있도록 준비된다.
- [0047] 즉, 맨드릴(M, 도 5 참조)을 이용하여 연약지반(SG)에 다수의 드레인 홀(DH, 도 5 참조)을 천공한 뒤에는 미리



준비된 연직배수 공법용 파일(100)을 각각 드레인 홀(DH)에 삽입시키고, 불 투수성 차수 부재(WP, 도 7 참조)를 덮은 뒤 배수매트(SM, 도 7 참조)를 깔고 그 위에 성토 층(미도시)을 쌓거나 진공 펌핑 장치(미도시)를 설치함으로써 연약지반(SG)을 개량하면서도 오염물질의 정화가 동시에 이루어지도록 하는 것이다.

- [0048] 다만, 본 실시예의 연직배수 공법용 파일(100) 중 제1 커버부(110) 및 제1 오염물질 반응부(120) 만을 미리 마련하는 것도 가능하며, 이에 대한 사항은 후술하는 본 발명의 일 실시예에 따른 연약지반의 개량방법에서 상술하기로 한다.
- [0049] 본 실시예의 연직배수 공법용 파일(100)은 연약지반(SG)의 간극수(W)가 통과하지 못하는 불 투수성 재질로 마련되는 중공형 제1 커버부(110) 및 제1 커버부(110) 내측의 중공 부분에 충전되며 오염물질에 대한 반응성을 갖는 제1 오염물질 반응부(120)를 포함하여 연약지반(SG) 내의 간극수(W)를 배수시키면서도 간극수(W) 내의 오염물질을 동시에 정화할 수 있도록 함으로써 배수촉진 및 오염정화를 함께 수행할 수 있는 장점을 갖는다.
- [0050] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 연직배수 공법용 파일을 이용한 연약지반의 개량방법의 순서도이며, 도 5는 도 3의 연약지반에 드레인 홀을 형성시키는 단계의 개략적인 모식도이고, 도 6은 도 5의 드레인 홀에 연직배수 공법용 파일을 관입시킨 뒤 반응성 물질을 충전시킨 상태를 나타낸 개략적인 모식도이며, 도 7은 도 6의 반응성 물질을 충전시킨 뒤 차수 부재 및 배수매트를 배치한 모습을 나타낸 개략적인 모식도이고, 도 8은 도 4의 연약지반의 개량방법에 따라 연약지반이 개량됨과 동시에 오염물질이 정화되는 원리를 나타낸 개략적인 모식도이다.
- [0051] 이들 도면을 참조하면, 본 실시예에 따른 연직배수 공법용 파일을 이용한 연약지반의 개량방법(이하 '연약지반의 개량방법'이라 함)은 연약지반에 드레인 홀을 형성시키는 단계(S11)와, 반응성 물질을 드레인 홀의 하단부 일정 영역에 충전시키는 단계(S12)와, 드레인 홀을 따라 연직배수 공법용 파일을 관입시키는 단계(S13)와, 드레인 홀의 내주면 및 연직배수 공법용 파일의 외주면 사이의 공간에 반응성 물질을 충전시키는 단계(S14)와, 연약지반의 지면 중 연직배수 공법용 파일이 배치된 부분을 제외한 다른 부분의 지면에 불 투수성 재질의 차수 부재를 설치하는 단계(S15)와, 연직배수 공법용 파일의 상면을 덮도록 배수매트를 설치하는 단계(S16)를 포함한다.
- [0052] 연약지반에 드레인 홀을 형성시키는 단계(S11)는 맨드릴(M)을 사용하여 연약지반(SG)에 다수의 드레인 홀(DH)을 천공하는 단계이다. 본 단계(S11)에서는 연약지반(SG)의 상태 및 면적 등의 제반 요소를 고려하여 맨드릴(M)을 통해 다수의 드레인 홀(DH)을 천공하게 된다.
- [0053] 반응성 물질을 드레인 홀의 하단부 일정 영역에 충전시키는 단계(S12)는 앞 단계(S11)를 통해 천공된 다수의 드레인 홀(DH)을 따라 반응성 물질(C1)을 충전시키는 단계이다. 본 단계(S12)에서는 연직배수 공법용 파일(100)을 관입시키기 위해 드레인 홀(DH)의 하단부 일정 영역에 반응성 물질(C1)을 충전시키게 되며, 여기서 반응성 물질(C1)은 전술한 실시예의 제2 오염물질 반응부(140)를 구성하는 물질과 동일하다.
- [0054] 드레인 홀을 따라 연직배수 공법용 파일을 관입시키는 단계(S13)는 드레인 홀(DH)에 충전된 반응성 물질(C1)의 상측에 연직배수 공법용 파일(100)을 배치시키는 단계이다. 본 단계(S13)에서는 드레인 홀(DH)의 하단부 일정 영역에 이미 충전되어 있는 반응성 물질(C1)의 상측에 연직배수 공법용 파일(100)을 배치시키게 되며, 여기서 연직배수 공법용 파일(100)은 전술한 실시예에 있어 제1 커버부(110) 및 제1 오염물질 반응부(120)로 구성된 파일을 의미한다.
- [0055] 드레인 홀의 내주면 및 연직배수 공법용 파일의 외주면 사이의 공간에 반응성 물질을 충전시키는 단계(S14)는 연직배수 공법용 파일(100)의 배치가 완료된 뒤 그 외주면을 따라 반응성 물질(C2)을 드레인 홀(DH) 전체에 걸쳐 충전시키는 단계이다. 본 단계(S14)에서는 앞 단계(S12)에서 충전되는 반응성 물질(C1)과 동일한 반응성 물질(C2)을 드레인 홀(DH) 전체에 충전시킴으로써 연직배수 공법용 파일(100) 전체가 반응성 물질(C1, C2)에 의해 둘러 쌓이도록 한다.
- [0056] 연약지반의 지면 중 연직배수 공법용 파일이 배치된 부분을 제외한 다른 부분의 지면에 불 투수성 재질의 차수 부재를 설치하는 단계(S15)는 드레인 홀(DH) 전체에 반응성 물질을 충전시킨 뒤 연직배수 공법용 파일(100)이 배치된 부분 이외의 지면에 차수 부재(WP)를 설치하는 단계이다. 본 단계(S15)에서는 연직배수 공법용 파일(100)의 상단부를 제외한 나머지 부분의 지면에 차수 부재(WP)를 설치함으로써 연약지반(SG)으로부터 유입되는 간극수(W)가 배수매트(SM) 측으로 직접 유출될 수 없도록 차단하고, 간극수(W)의 흐름을 연약지반(SG)의 하측으로 유도하게 된다.
- [0057] 차수 부재(WP)는 연직배수 공법용 파일(100)의 제1 커버부(110)에 인접하되 상호 결합되지는 않는 방법으로 설치된다. 이처럼 차수 부재(WP)와 제1 커버부(110)를 상호 결합하지 않는 이유는 성토 층의 무게에 따라 연약지반(SG)의 상단부가 점차 하측으로 압밀되는 경우 차수 부재(WP)도 점차 하측으로 이동될 수 있도록 하기 위함이다.

다.

- [0058] 연직배수 공법용 파일의 상면을 덮도록 배수매트를 설치하는 단계(S16)는 차수 부재(WP) 및 연직배수 공법용 파일(100)의 상면 전체에 걸쳐 배수매트(SM)를 설치하는 단계이다. 본 단계(S16)에서는 차수 부재(WP) 및 연직배수 공법용 파일(100)의 상면 전체에 걸쳐 배수매트(SM)를 설치함으로써 연약지반(SG)의 하측으로부터 연직배수 공법용 파일(100)을 거쳐 상측으로 이동되는 간극수(W)가 연약지반(SG)의 지면과 실질적으로 평행한 방향을 따라 이동될 수 있도록 한다.
- [0059] 본 단계(S16) 이후에는 배수매트(SM)의 상측에 성토 층(미도시)을 덮음으로써 연약지반(SG)이 압밀될 수 있도록 한다. 다만, 필요에 따라 성토 층은 생략될 수도 있으며 이 경우에는 진공펌프(미도시)를 통해 연직배수 공법용 파일(100)의 상부로 유출되는 간극수(W)를 흡입할 수 있도록 하게 된다.
- [0060] 본 실시예의 연약지반의 개량방법에 따라 연약지반의 오염정화와 개량이 동시에 이루어지는 원리는 다음과 같다.
- [0061] 도 8을 참조하면, 성토 층에 의하여 압밀되는 연약지반(SG) 내의 간극수(W)는 드레인 홀(DH)에 충전된 반응성 물질(C2) 측으로 이동하면서 오염물질의 정화가 일차적으로 이루어진다. 다음으로 반응성 물질(C2)의 상측부를 덮고 있는 차수 부재(WP)로 인해 간극수(W)는 배수매트(SM) 측으로 유출되지 못하며 제1 커버부(110) 측으로 계속 이동하게 된다. 전술한 바와 같이 제1 커버부(110)는 불 투수성 재질로 마련되므로 간극수(W)는 제1 커버부(110)를 통과하여 제1 오염물질 반응부(120) 측으로 이동되지 못하며 결국 연약지반(SG)의 하측으로 이동하게 된다.
- [0062] 연약지반(SG)의 하측으로 이동된 간극수(W)는 제1 배수매트(150)를 거쳐 제1 오염물질 반응부(120) 측으로 이동하게 되며 제1 오염물질 반응부(120)의 하측으로부터 상측으로 이동하는 동안 간극수(W) 내부의 오염물질의 정화가 이차적으로 이루어지게 된다. 종래와 달리 제1 오염물질 반응부(120) 전체에 걸쳐 간극수(W)가 이동하는 동안 제1 오염물질 반응부(120)를 구성하는 반응성 물질과 간극수(W) 내부의 오염물질이 충분히 반응하게 되므로 오염물질의 정화효율이 비약적으로 상승하게 된다.
- [0063] 제1 오염물질 반응부(120)를 거치며 충분히 정화된 간극수(W)는 제2 배수매트(160)를 거쳐 외부로 유출되는데, 이때 차수 부재(WP) 및 연직배수 공법용 파일(100)을 덮고 있는 배수매트(SM)에 따라 간극수(W)는 연약지반(SG)의 지면과 평행한 방향으로 흐르게 되는 것이다.
- [0064] 본 실시예의 연약지반의 개량방법은 연약지반(SG)의 개량과 오염물질의 정화를 동시에 달성할 수 있도록 함으로써 별도의 오염된 간극수(W) 정화장치의 사용이 없더라도 효율적으로 간극수(W) 내의 오염물질을 정화할 수 있는 장점을 갖는다.
- [0065] 앞에서, 본 발명의 특정한 실시예가 설명되고 도시되었지만 본 발명은 기재된 실시예에 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 사상 및 범위를 벗어나지 않고 다양하게 수정 및 변형할 수 있음은 이 기술의 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 일이다. 따라서, 그러한 수정예 또는 변형예들은 본 발명의 기술적 사상이나 관점으로부터 개별적으로 이해되어서는 안되며, 변형된 실시예들은 본 발명의 특허청구범위에 속한다 하여야 할 것이다.

**도면의 간단한 설명**

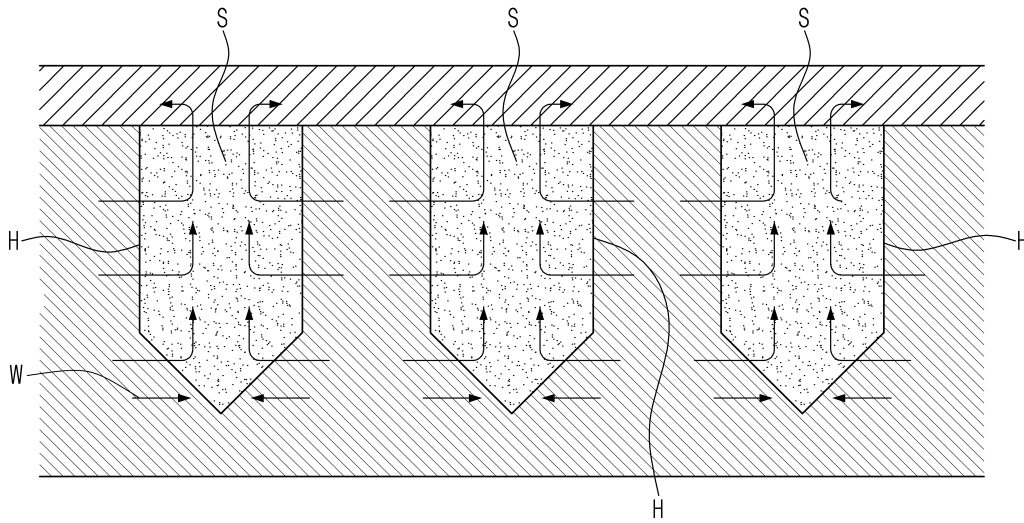
- [0066] 도 1은 종래의 샌드 드레인 공법의 개략적인 모식도이다.
- [0067] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일의 사시도이다
- [0068] 도 3은 도 2의 반응성 칼럼형 연직배수 공법용 파일의 정면도이다.
- [0069] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 연직배수 공법용 파일을 이용한 연약지반의 개량방법의 순서도이다.
- [0070] 도 5는 도 3의 연약지반에 드레인 홀을 형성시키는 단계의 개략적인 모식도이다.
- [0071] 도 6은 도 5의 드레인 홀에 연직배수 공법용 파일을 관입시킨 뒤 반응성 물질을 충전시킨 상태를 나타낸 개략적인 모식도이다.
- [0072] 도 7은 도 6의 반응성 물질을 충전시킨 뒤 차수 부재 및 배수매트를 배치한 모습을 나타낸 개략적인 모식도이다.
- [0073] 도 8은 도 4의 연약지반의 개량방법에 따라 연약지반이 개량됨과 동시에 오염물질이 정화되는 원리를 나타낸 개

략적인 모식도이다.

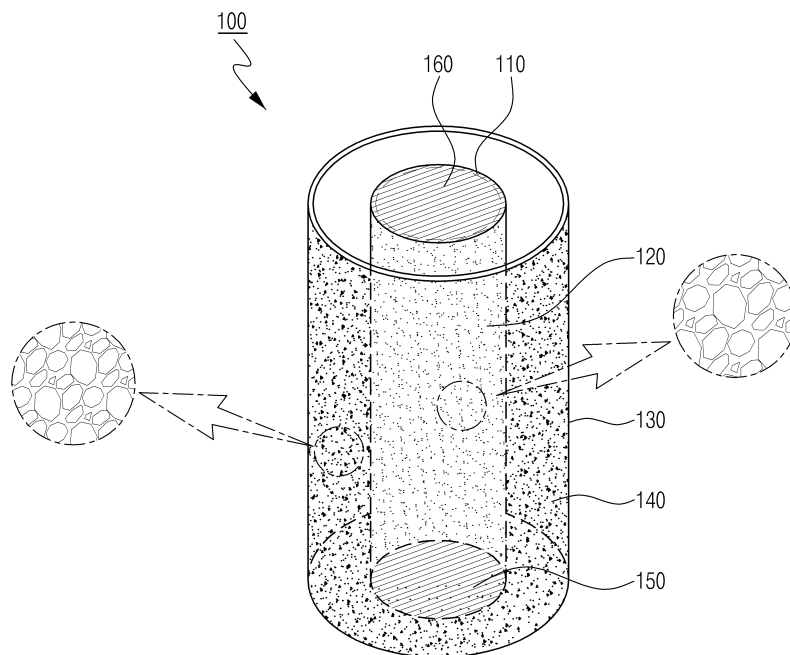
- [0074] \*도면의 주요부분에 대한 부호의 설명\*
- |                           |               |
|---------------------------|---------------|
| [0075] 100 : 연직배수 공법용 파이프 | 110 : 제1 커버부  |
| [0076] 120 : 제1 오염물질 반응부  | 130 : 제2 커버부  |
| [0077] 140 : 제2 오염물질 반응부  | 150 : 제1 배수매트 |
| [0078] 160 : 제2 배수매트      |               |

도면

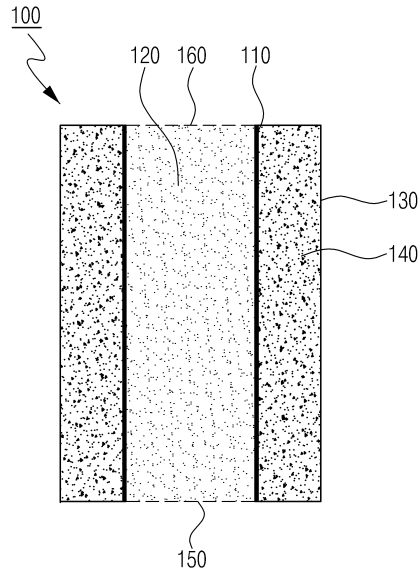
도면1



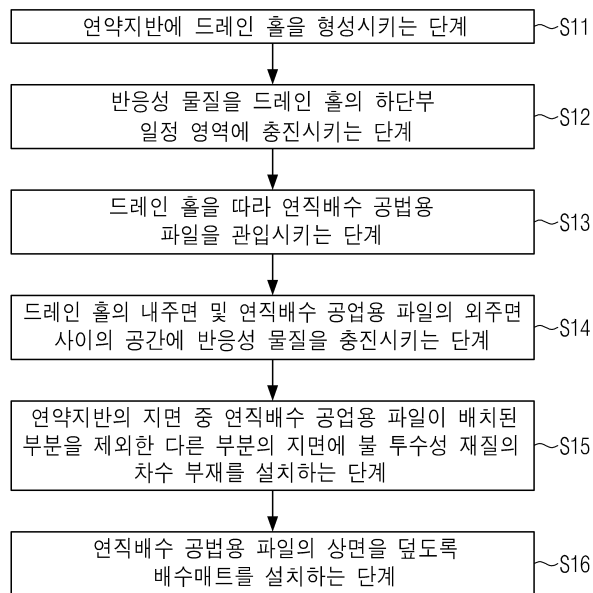
도면2



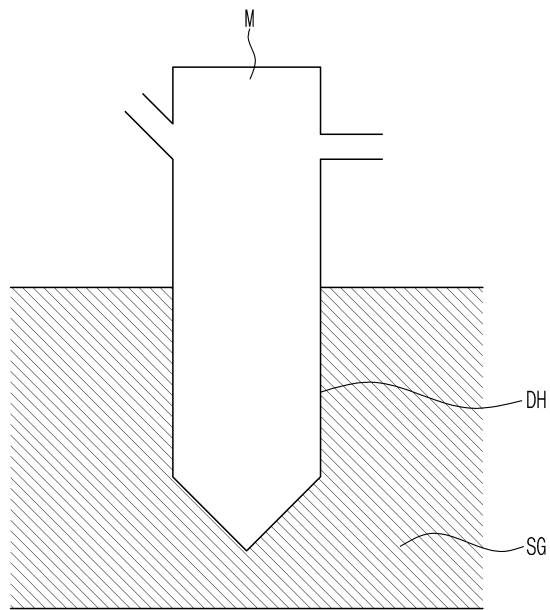
도면3



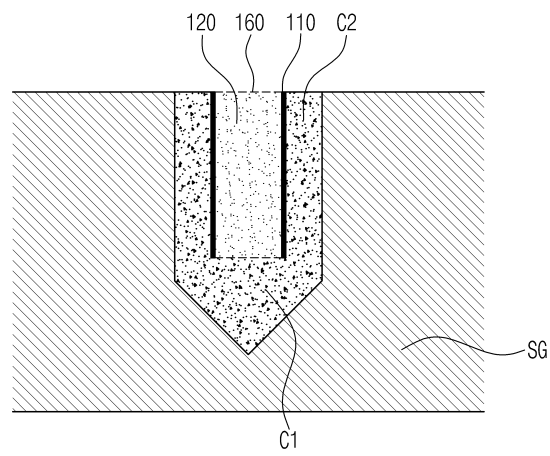
도면4



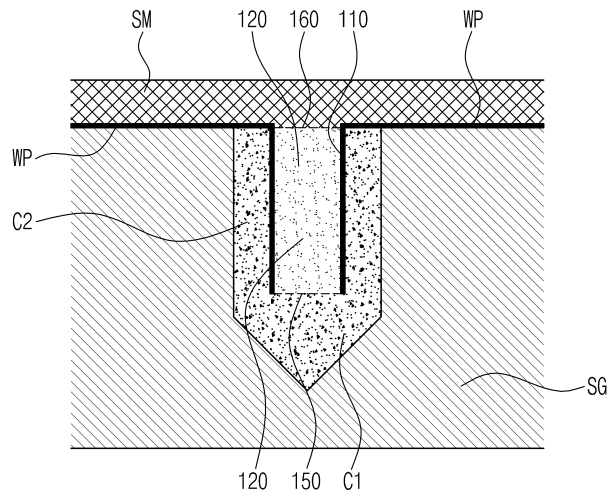
도면5



도면6



도면7



도면8

