



(a) 침하구조물의 직하부에 지반강화가 요구되는 복원영역존을 설정하고, 각각의 하중반력점을 대상의 계획된 위치마다 코어드릴 또는 소형 보링기를 이용하여 기초관을 관통하여 지반에 일정 깊이까지 1차 천공한 후, 모든 1차 천공홀에 각기 지반보강 주입재 주입관을 삽입하여 지반보강용 주입재의 주입작업과 동시에 지반보강 주입재 주입관의 인발작업을 단계적으로 반복 진행하면서 복원영역존내에 다수개의 하중반력점 기능을 하는 구근형 반력말뚝을 형성하는 단계와; (b) 기초관의 직하부에 지반 내에서 인상용 주입재의 압력 손실을 방지하고자 기초관의 둘레를 따라 이웃한 구근형 반력말뚝을 향해 사선방향으로 경사천공을 실시한 후 경사천공에 인입된 커튼벽 주입관을 통해 인상용 주입재 커튼벽을 형성하는 단계와; (c) 반력대 주입관을 구근형 반력말뚝 상부측의 하중반력점까지 근입시킨 후, 인상용 주입재를 반력대 주입관에서 분출 경화시키는 작업을 반복시켜 구근형 반력말뚝의 상단에 형성되는 하중반력대에 의해 구조물을 들어올리는 단계;를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

(52) CPC특허분류

*E02D 35/00* (2013.01)

*E02D 37/00* (2013.01)

*E02D 2250/003* (2013.01)

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

(a) 침하구조물(10)의 직하부에 지반강화가 요구되는 복원영역존(R)을 설정하고, 각각의 하중반력점(Q)을 대상의 계획된 위치마다 코어드릴 또는 소형 보링기를 이용하여 기초판(12)을 관통하여 지반에 일정 깊이까지 1차 천공한 후, 모든 1차 천공홀(12a)에 각기 지반보강 주입재 주입관(14)을 삽입하여 지반보강용 주입재(C)의 주입 작업과 동시에 지반보강 주입재 주입관(14)의 인발작업을 단계적으로 반복 진행하면서 복원영역존(R) 내에 다수개의 하중반력점(Q) 기능을 하는 구근형 반력말뚝(16)을 형성하는 단계와;

(b) 기초판(12)의 직하부에 지반 내에서 인상용 주입재의 압력 손실을 방지하고자 기초판(12)의 둘레를 따라 이웃한 구근형 반력말뚝(16)을 향해 사선방향으로 경사천공(5a)을 실시한 후 경사천공(5a)에 인입된 커튼벽 주입관(14a)을 통해 인상용 주입재 커튼벽(18)을 형성하는 단계와;

(c) 반력대 주입관(20)을 구근형 반력말뚝(16) 상부측의 하중반력점(Q)까지 근입시킨 후, 인상용 주입재를 반력대 주입관(20)에서 분출 경화시키는 작업을 반복시켜 구근형 반력말뚝(16)의 상단에 형성되는 하중반력대(22)에 의해 구조물을 들어올리는 단계;를 포함하고,

다수개의 하중반력점(Q)은 구근형 반력말뚝(16)의 직경을 초과하는 기초판(12)의 유효압력거리(D) 만큼 이격하여 형성되고, 인상용 주입재 커튼벽(18)은 그 깊이(d)가 유효압력거리(D)를 초과하는 것을 특징으로 하는 구근형 반력말뚝을 활용한 지반 보강 및 침하 구조물의 복원 방법.

**청구항 2**

제 1항에 있어서,

상기 커튼벽 주입관(14a)을 지반보강 주입재 주입관(14)과 배관으로 접속시켜 인상용 주입재 커튼벽(18)을 구근형 반력말뚝(16)과 동시에 형성하는 것을 특징으로 하는 구근형 반력말뚝을 활용한 지반 보강 및 침하 구조물의 복원 방법.

**청구항 3**

제 1항에 있어서,

상기 (b)단계에서,

인상용 주입재 커튼벽(18)은 기초판(12)과 구근형 반력말뚝(16)에 접하도록 시공되는 것을 특징으로 하는 구근형 반력말뚝을 활용한 지반 보강 및 침하 구조물의 복원 방법.

**청구항 4**

제 1항에 있어서,

상기 (c)단계에서,

1차 천공홀(12a)에 막음재(50)를 설치하되,

상기 막음재(50)는 1차 천공홀(12a)에 굽힘되어 삽입될 수 있도록 원주방향으로 다수의 탄성절곡부(51b)를 갖고 1차 천공홀(12a)의 밀면에 위치하는 원형 강관(51), 원형 강관(51)의 상면에 설치된 막음재 헤드(52), 막음재 헤드(52)와 원형 강관(51)을 삽통하여 위치되는 반력대 주입관(20)이 포함되어 이루어진 것을 특징으로 하는 구근형 반력말뚝을 활용한 지반 보강 및 침하 구조물의 복원 방법.

**청구항 5**

삭제

**발명의 설명**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 구근형 반력말뚝을 활용한 지반 보강 및 침하 구조물의 복원 방법에 관한 것으로, 특히 점성토나 유기질토와 같은 깊은 연약지반의 경우 지내력은 일축압축강도  $12\text{kg}/\text{cm}^2$  이하( $N \leq 6$ )로 형성되어 구조물 복원시에 사용되는 주입되는 인상용 주입재의 압력인  $20\sim 100\text{kg}/\text{cm}^2$  을 견디지 못하여 침하 구조물을 복원하기 위한 지중에 하중반력점이 형성되지 못하고, 또한 주입되는 인상용 주입재는 대상 침하구조물의 하부 지층에서 하중반력점에 의한 하중반력대를 다수 형성한 복원영역존을 벗어나 복원 압력이나 주입재의 유실(손실)로 인상용 주입재의 일정한 압력 작용을 확보할 수 없게 되므로, 깊은 연약지반에서 구조물 직하부의 지중에 복원영역존 내에 다수의 하중반력대를 구축하는 구근형 반력말뚝으로 지반을 복원영역존을 형성시키고, 대상 침하구조물의 복원영역존에 주입재의 유실을 방지하고자 구조물의 복원영역존의 외곽둘레를 따라 커튼벽을 형성시켜 주입재의 손실을 방지하고 압력을 지내력 보다 높게 발휘시켜 침하구조물의 인상 복원이 이루어질 수 있도록 한 구근형 반력말뚝을 활용한 지반 보강 및 침하 구조물의 복원 방법에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 일반적으로 지반의 압축에 의하여 발생하는 구조물 또는 구조물 일부의 연직변위를 침하라고 하며, 구조물의 모든 부분의 침하가 같으면 균등침하라고 한다. 균등침하가 발생되면 구조물에는 균열이 생기지 않고 다만 연직위 치만 달라진다. 반면에 구조물의 위치에 따라 침하의 크기가 다른 부등침하가 일어나면 구조물에 균열이 발생하거나 기울어져 구조물의 기능과 안전성에 악영향을 미친다.

[0003] 지반의 침하는 구조물 하중에 의한 지중응력의 증가(지반의 탄소성 변형), 지하수위 강하에 따른 지반의 자중증가, 점성토 지반의 건조수축, 함수비의 증가에 의한 지반 지지력의 약화, 지반의 기초파괴, 지하공간이나 지하매설관 등 지중공간의 함몰, 동상후의 연화작용과 같은 원인들에 의하여 지반이 압축되어 발생된다.

[0004] 이러한 침하를 해결하기 위한 방법으로 연약지반을 개량하는 보강공법이 알려져 있다. 일례로, 깊은 연약지반의 경우 저유동성 지반보강용 주입재를 지중에 비배출형으로 압입 주입하여 원주형 구근을 형성함과 동시에 주변부의 흙을 사방으로 압축시켜 지반의 밀도를 증가시키는 CGS(Compaction Grouting System) 공법이 있다. 다른 예로, 기초 하부소요 깊이까지 주입관을 설치하고, 1차로 분말도가 높은 초미립자 그라우트재를 저압/침투 주입시켜 지반을 보강한 후, 2차로 보강된 지반과 기초관 사이에 급결성 그라우트재를 다점 동시 주입하여 침하된 구조물을 복원(인상)하는 다륙 공법이 있다.

[0005] 그런데 다륙 공법의 경우 얇은 지반 보강 및 복원 공법으로서 깊은 연약지반을 보강하기 어렵고, 2차로 보강된 지반과 기초관 사이에 급결성 그라우트재를 다점 동시 주입하는 경우 급결성 그라우트재의 압력 유실로 누출이 발생하는 문제가 있다.

[0006] 본 발명의 배경이 되는 기술로는 한국 등록특허 등록번호 제10-0475443호로서, '구조물 하부의 지반보강공법'이 제안되어 있다. 이는 리모델링 또는 설계변경등에 의해 불안정해진 구조물 하부의 지반에 중결성 그라우트액을 다점순차/전환주입하면서 구조물 저면과 면접하는 반력대를 형성시킴으로써 지내력을 확보하여 지반의 안정화를 도모하는 것이다. 그러나 이 배경기술은 그라우트재가 깊은 연약지반까지 도달하기 어려워 깊은 연약지반에 적용하기 어려운 문제가 있다.

[0007] 본 발명의 배경이 되는 다른 기술로는 한국 등록특허 등록번호 제10-0368932호로서, '다점주입에 의한 부등침하 구조물의 복원공법'이 제안되어 있다. 이는 부등침하한 구조물의 바닥전체에 급결성 시멘트 페이스트를 강제주입하여 부등침하한 구조물을 복원시키는 공법이다. 그러나 이 배경기술도 급결성 시멘트 페이스트에 의한 지반 강화층이 낮아 깊은 연약지반을 보강하기 어려운 문제가 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0008] (특허문헌 0001) 한국 등록특허 등록번호 제10-0475443호
- (특허문헌 0002) 한국 등록특허 등록번호 제10-0368932호

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0009] 본 발명은 점성토나 유기질토와 같은 깊은 연약지반의 경우 지내력은 일축압축강도  $12\text{kg}/\text{cm}^2$  이하( $N \leq 6$ )로 형성되어 구조물 복원시에 사용되는 주입되는 인상용 주입재의 압력인  $20\sim 100\text{kg}/\text{cm}^2$  을 견디지 못하여 침하 구조물을 복원하기 위한 지중에 하중반력점이 형성되지 못하고, 또한 주입되는 인상용 주입재는 대상 침하구조물의 하부 지중에서 하중반력점에 의한 하중반력대를 다수 형성한 복원영역존을 벗어나 복원 압력이나 주입재의 유실(손실)로 인상용 주입재의 일정한 압력 작용을 확보할 수 없게 되므로, 깊은 연약지반에서 구조물 직하부의 지중에 복원영역존 내에 다수의 하중반력대를 구축하는 구근형 반력말뚝으로 지반을 복원영역존을 형성시키고, 대상 침하구조물의 복원영역존에 주입재의 유실을 방지하고자 구조물의 복원영역존의 외곽둘레를 따라 커튼벽을 형성시켜 주입재의 손실을 방지하고 압력을 지내력 보다 높게 발휘시켜 침하구조물의 인상 복원이 이루어질 수 있도록 한 구근형 반력말뚝을 활용한 지반 보강 및 침하 구조물의 복원 방법을 제공함에 그 목적이 있다.

**과제의 해결 수단**

[0010] 본 발명의 적절한 실시 형태에 따른 구근형 반력말뚝을 활용한 지반 보강 및 침하 구조물의 복원 방법은, (a) 침하구조물의 직하부에 지반강화가 요구되는 복원영역존을 설정하고, 각각의 하중반력점을 대상의 계획된 위치마다 코어드릴 또는 소형 보링기를 이용하여 기초판을 관통하여 지반에 일정 깊이까지 1차 천공한 후, 모든 1차 천공홀에 각기 지반보강 주입재 주입관을 삽입하여 지반보강용 주입재의 주입작업과 동시에 지반보강 주입재 주입관의 인발작업을 단계적으로 반복 진행하면서 복원영역존내에 다수개의 하중반력점 기능을 하는 구근형 반력말뚝을 형성하는 단계와; (b) 기초판의 직하부에 지반 내에서 인상용 주입재의 압력 손실을 방지하고자 기초판의 둘레를 따라 이웃한 구근형 반력말뚝을 향해 사선방향으로 경사천공을 실시한 후 경사천공에 인입된 커튼벽 주입관을 통해 인상용 주입재 커튼벽을 형성하는 단계와; (c) 반력대 주입관을 구근형 반력말뚝 상부측의 하중반력점까지 근입시킨 후, 인상용 주입재를 반력대 주입관에서 분출 경화시키는 작업을 반복시켜 구근형 반력말뚝의 상단에 형성되는 하중반력대에 의해 구조물을 들어올리는 단계;를 포함하고,

다수개의 하중반력점은 구근형 반력말뚝의 직경을 초과하는 기초판의 유효압력거리 만큼 이격하여 형성되고, 인상용 주입재 커튼벽은 그 깊이가 유효압력거리를 초과하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 또한, 상기 커튼벽 주입관을 지반보강 주입재 주입관과 배관으로 접속시켜 인상용 주입재 커튼벽을 구근형 반력말뚝과 동시에 형성하는 것을 특징으로 한다.

[0012] 또한, 상기 (b)단계에서, 인상용 주입재 커튼벽은 기초판와 구근형 반력말뚝에 접하도록 시공되는 것을 특징으로 한다.

[0013] 또한, 상기 (c)단계에서, 1차 천공홀에 막음재를 설치하되, 상기 막음재는 1차 천공홀에 굽힘되어 삽입될 수 있도록 원주방향으로 다수의 탄성절곡부를 갖고 1차 천공홀의 밀면에 위치하는 원형 강판, 원형 강판의 상면에 설치된 막음재 헤드, 막음재 헤드와 원형 강판을 삽통하여 위치되는 반력대 주입관이 포함되어 이루어진 것을 특징으로 한다.

[0014] 삭제

**발명의 효과**

[0015] 본 발명에 따른 구근형 반력말뚝을 활용한 지반 보강 및 침하 구조물의 복원 방법은, 저유동성 시멘트 몰탈의 주입과 지반보강 주입재 주입관의 인발을 반복하여 깊은 연약지반에서의 지반보강을 실현할 수 있다. 또한, 기초판의 주변에서 사선방향으로 이루어진 커튼벽에 의해 인상용 주입재의 손실이 방지됨으로써 상향압력의 저하 없이 정밀한 제어로 침하 구조물의 인상 복원을 실현할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0016] 본 명세서에서 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 실시 예를 예시하는 것이며, 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 첨부한 도면에 기재된 사항에만 한정되어서 해석되어서는 아니 된다.

도 1은 본 발명에 따른 구근형 반력말뚝을 시공하기 위한 기초판의 천공 상태도.

도 2는 본 발명에 따른 구근형 반력말뚝을 활용한 지반 보강 및 침하 구조물의 복원 방법을 구현하기 위한 시스템의 구성도.

도 3은 본 발명에 따른 구근형 반력말뚝의 시공상태도.

도 4는 본 발명에 따른 하중반력대의 시공상태도.

도 5a 및 도 5b는 본 발명에 따른 하중반력대의 시공을 다양한 사시도로 나타낸 상태도.

도 6a는 본 발명에 적용되는 막음재의 사시도.

도 6b는 도 6a의 막음재를 통한 하중반력대의 형성 상태도.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0017] 아래에서 본 발명은 첨부된 도면에 제시된 실시 예를 참조하여 상세하게 설명이 되지만 제시된 실시 예는 본 발명의 명확한 이해를 위한 예시적인 것으로 본 발명은 이에 제한되지 않는다.
- [0018] 우선, 지반 보강 및 침하 구조물의 복원 시스템의 구성을 설명한다.
- [0019] 도 2와 같이 분말형 주입재(A)와 물 및 시멘트를 혼합시키는 시멘트 믹서(1), 2종류 이상의 액상 경화제(B)를 혼합시키는 약액믹서(2), 지반보강용 주입재(C)를 배합시키는 몰탈 믹서(3)가 구비된다.
- [0020] 이들 시멘트 믹서(1), 약액믹서(2) 및 몰탈 믹서(3)는 각기 배관을 통해 주입펌프(4)에 연결되어 있다. 주입펌프(4)에는 복원 지점별에 하중반력대(22)를 형성하기 위해 다점분배기(6)가 연결되어 있다. 주입펌프(4)와 다점분배기(6)를 제어하기 위해 중앙제어장치(5)가 구비된다. 여기서 지반보강용 주입재(C)는 구근형 반력말뚝(16)과 인상용 주입재 커튼벽(18)을 형성시키는 지반보강재로 사용되고, 분말형 주입재(A)와 액상 경화제(B)를 포함한 배합물은 하중반력대(22)를 형성시키는 인상용 주입재(A+B)로 사용된다.
- [0021] 또한 침하된 침하구조물(10)의 부위별 침하량 및 복원량(인상량)을 확인하기 위해 한 대 이상의 계측기(7)가 구비되고, 각 계측기(7)에서 측정된 침하량 및 복원량은 중앙제어장치(5)로 입력된다. 침하구조물(10)의 부위별 침하량에 따라 중앙제어장치(5)에 주입관별 주입량, 주입시간, 주입순서를 입력하면 자동으로 주입펌프(4)와 다점분배기(6)를 제어하여 인상용 주입재 및 지반보강용 주입재의 주입이 개별적으로 제어된다. 주입작업이 진행되는 동안 계측기(7)를 통해 구조물 부위별 실시간 계측을 진행한다. 이때, 구조물 부위별 복원량이 일정 비율에 따라 증가하도록 주입량, 주입순서, 주입시간 등을 계속 변경하며 작업을 진행할 수 있다.
- [0022] 주입펌프(4)에 지반보강 주입재 주입관(14)과 커튼벽 주입관(14a)이 연결된다. 커튼벽 주입관(14a)은 지반보강 주입재 주입관(14)과 같은 배관을 통해 연결될 수도 있다. 따라서 주입펌프(4)에서 토출되는 지반보강용 주입재는 지반보강 주입재 주입관(14)을 거쳐 구근형 반력말뚝(16)을 형성하는데 사용된다. 또한 주입펌프(4)에 연결된 커튼벽 주입관(14a)은 인상용 주입재 커튼벽(18)을 형성하는데 사용된다.
- [0023] 또한 다점분배기(6)를 통해 반력대 주입관(20)이 연결된다. 반력대 주입관(20)은 내관과 이 내관을 감싸는 외관으로 이루어져 있다. 따라서 반력대 주입관(20)은 내관을 통해 액상경화제가 주입되고 외관을 통해 분말형 주입재(A)가 주입된다. 반력대 주입관(20)의 배치는 구조물의 형태에 따라 다양하게 배치할 수 있다.
- [0024] 이같은 지반 보강 및 침하 구조물의 복원 시스템을 적용한 구근형 반력말뚝을 활용한 지반 보강 및 침하 구조물의 복원 방법을 순차적으로 설명한다.
- [0025] 먼저, 도 1에서와 같이 침하구조물(10)의 직하부에 지반강화가 요구되는 복원영역존(R)을 설정한다. 따라서 복원영역존(R)은 기초판(12)으로부터 유효압력거리(D)만큼 이격하여 형성된다.
- [0026] 여기서 유효압력거리(D)란 도 3에 도시된 구근형 반력말뚝(16)의 직경을 초과하는 값을 의미한다.
- [0027] 그 다음, 기초판(12)의 계획된 위치마다 알려진 코어드릴 또는 소형 보링기를 이용하여 기초판(12)를 관통하여 지반에 일정 깊이까지 천공하여 1차 천공홀(12a)을 형성한다. 천공홀(12a)의 직경은 지반보강 주입재 주입관(14)과 동일하거나 이보다 클 수 있다.
- [0028] 그 다음, 복원영역존(R) 내에 다수개의 하중반력점(Q) 기능을 하는 구근형 반력말뚝(16)을 형성시킨다.
- [0029] 이를 위해 먼저 도 2와 같이 모든 1차 천공홀(12a)에 주입펌프(4)와 배관으로 연결되어 있는 각기 지반보강 주입재 주입관(14)을 삽입한다. 이후 도 3과 같이 지반보강용 주입재의 주입작업과 지반보강 주입재 주입관(14)의

인발작업을 단계적으로 반복 진행하면서 모든 구근형 반력말뚝(16)을 동시에 형성한다. 지반보강용 주입재의 주입 후 1회 인발높이는 예로 0.5~1m 내외로 할 수 있다.

- [0030] 이때 지반보강용 주입재는 된 몰탈로서 주변지반을 압밀시키고 구근형 반력말뚝(16)을 직경 500~800mm의 원통형으로 형성시켜 상부 하중을 지지한다. 지반보강용 주입재의 주입은 일정한 양을 주입하는 정량주입 또는 주변토사의 압력상승을 확인하는 정압주입 방식이 될 수 있다.
- [0031] 이때 기초판(12)의 하면으로부터 구근형 반력말뚝(16)의 직경을 초과하는 유효압력거리(D)를 확보하는 것이 바람직하다. 이는 후속 작업공정에서 하중반력대(22)를 형성시킬 시 누적되는 상향 압력에 충분하게 저항할 수 있도록 하기 위한 것이다.
- [0032] 그 다음, 인상용 주입재의 손실(누출)을 방지하기 위해, 기초판(12)의 둘레로 이웃한 구근형 반력말뚝(16)을 향해 일정 각도( $\theta$ )에 의해 사선방향으로 지반(100)을 향해 경사천공(100a)을 실시한 후, 경사천공(100a)에 인입된 커튼벽 주입관(14a)을 통해 도 3과 같이 인상용 주입재 커튼벽(18)을 형성한다.
- [0033] 이는 침하 구조물(10)의 기초판(12) 둘레에 인상용 주입재 커튼벽(18)으로 복원영역존(R)을 형성시킴으로써, 침하구조물(10)의 인상 복원시 인상용 주입재(A+B)의 압력이 대상 연약지반의 지내력(일축압축강도) 보다 높게 발휘되도록 하기 위함이다.
- [0034] 따라서 점성토나 유기질토와 같은 깊은 연약지반의 경우에 지내력은 일축압축강도  $12\text{kg}/\text{cm}^2$  이하( $N \leq 6$ )로 형성되더라도, 본원발명은 인상용 주입재 커튼벽(18)에 의해 인상용 주입재의 압력이  $20 \sim 100\text{kg}/\text{cm}^2$ 로 확보될 수 있으며 인상용 주입재의 유실이 발생되지 않는 것이다.
- [0035] 이 경우 지반보강용 주입재의 주입작업과 커튼벽 주입관(14a)의 인발작업을 단계적으로 반복 진행하면서 인상용 주입재 커튼벽(18)을 형성할 수 있다. 인상용 주입재 커튼벽(18)도 구근형 반력말뚝(16)과 마찬가지로 직경( $\phi$ ) 500~800mm의 원통형으로 형성시킬 수 있다.
- [0036] 인상용 주입재 커튼벽(18)은 그 깊이(d)가 유효압력거리(D)를 초과하도록 한다. 예로 인상용 주입재 커튼벽(18)의 각도( $\theta$ )를 예로 45도로 형성하는 경우 그 깊이(d)는 유효압력거리(D)의 1.4배 이상이 될 수 있다.
- [0037] 인상용 주입재 커튼벽(18)은 인상용 주입재의 손실(누출)을 방지할 뿐만 아니라 지반(100)의 보강 기능도 수행한다. 인상용 주입재 커튼벽(18)은 구근형 반력말뚝(16)에 대응하여 설치되거나 상호 이웃한 것끼리 서로 연속적으로 접하여 시공될 수도 있다. 또한 인상용 주입재의 손실을 억제하기 위해 인상용 주입재 커튼벽(18)은 기초판(12)와 구근형 반력말뚝(16)에 접할 수 있도록 형성됨이 바람직하다.
- [0038] 본 실시예에서는 구근형 반력말뚝(16)을 선시공한 후 인상용 주입재 커튼벽(18)을 후시공하였으나, 본 공법은 커튼벽 주입관(14a)을 지반보강 주입재 주입관(14)과 배관을 통해 접속시켜 구근형 반력말뚝(16)과 인상용 주입재 커튼벽(18)을 동시에 형성할 수도 있다.
- [0039] 그 다음, 후 공정에서의 인상용 주입재의 압력유실을 방지하기 위해, 모든 구근형 반력말뚝주입관(14) 및 커튼벽 주입관(14a)을 제거한 후, 기초판(12)측에 형성된 1차 천공홀(12a)을 고강도 무수축 몰탈로 봉합한다.
- [0040] 그 다음, 1차 천공홀(12a)의 주변으로 구근형 반력말뚝(16)을 향하여 2차 천공한다. 천공 작업은 코어드릴 또는 해머드릴이 이용되고, 이에 의해 도 1과 같이 기초판(12)에 직경 18~40mm의 2차 천공홀(12b)이 형성된다. 이 경우 2차 천공홀(12b)은 1차 천공홀(12a)의 둘레로 2~4개소 형성될 수 있다.
- [0041] 그 다음, 도 4와 같이 2차 천공홀(12b)에 반력대 주입관(20)을 구근형 반력말뚝(16)까지 근입시킨 후, 반력대 주입관(20)과 2차 천공홀(12b) 사이를 패커 또는 급결재로 쉐링하는 단계를 갖는다.
- [0042] 그 다음, 인상용 주입재를 반력대 주입관(20)에서 분출 경화시키는 작업을 반복시켜 구근형 반력말뚝(16)의 상단에 형성되는 하중반력대(22)에 의해 구조물을 들어올리는 단계를 갖는다. 인상용 주입재는 액상경화제에 의해 1~3초만에 겔(gel) 상태로 경화된다. 기초판(12)의 하부에 주입된 인상용 주입재는 직경 1,800~2,000mm 범위로 확산되며, 먼저 주입된 재료가 경화되어 밀폐조건이 생성되고, 계속 주입되는 재료의 압력이 누적되어 상부구조물을 들어 올릴 수 있는 상향압력을 형성하여 하중반력대(22)를 이루게 된다.
- [0043] 인상용 주입재의 1회 주입시간은 3~6초 이내이며, 1회 주입시마다 기초판 하부에 0.1~0.3mm 내외의 얇은 점막층이 형성되며, 점막층의 두께만큼 구조물이 인상된다.
- [0044] 여기서, 인상용 주입재의 주입작업이 진행되는 동안 계측기(7)를 통해 구조물의 부위별 실시간 계측이

진행되며, 부위별 복원량이 일정 비율에 따라 증가하도록 주입량, 주입순서, 주입시간 등을 계속 변경하며 작업이 진행된다.

[0045] 한편, 본 방법에서 2차 천공홀(12b)을 형성시키지 않고, 도 6과 같이 1차 천공홀(12a)에 막음재(50)를 설치하여 인상용 주입재의 주입이 이루어지도록 할 수도 있다. 이 경우 도 6a와 같이 막음재(50)는 1차 천공홀(12a)에 삽입되어 삽입될 수 있도록 절결선(51a)으로 절결되어 원주방향으로 다수의 단성절곡부(51b)를 갖고 1차 천공홀(12a)의 밑면에 위치하는 원형 강판(51), 원형 강판(51)의 상면에 설치된 막음재 헤드(52), 막음재 헤드(52)와 원형 강판(51)을 삽통하여 위치되는 반력대 주입관(20)이 구비되어 구성된다. 이때, 막음재(50)는 1차 천공홀(12a)에 설치된 후 무수축물탈(57)로 봉합될 수 있다.

[0046] 이같이 본 발명에 따르면 지반보강주입재의 주입과 지반보강 주입재 주입관(14)의 인발을 반복하여 깊은 연약지반에서의 지반보강을 실현할 수 있다. 또한, 기초판의 주변에서 사선방향으로 이루어진 커튼벽(18)에 의해 인상용 주입재의 손실이 방지됨으로써 상향압력의 저하없이 정밀한 제어로 침하 구조물의 인상 복원을 실현할 수 있다.

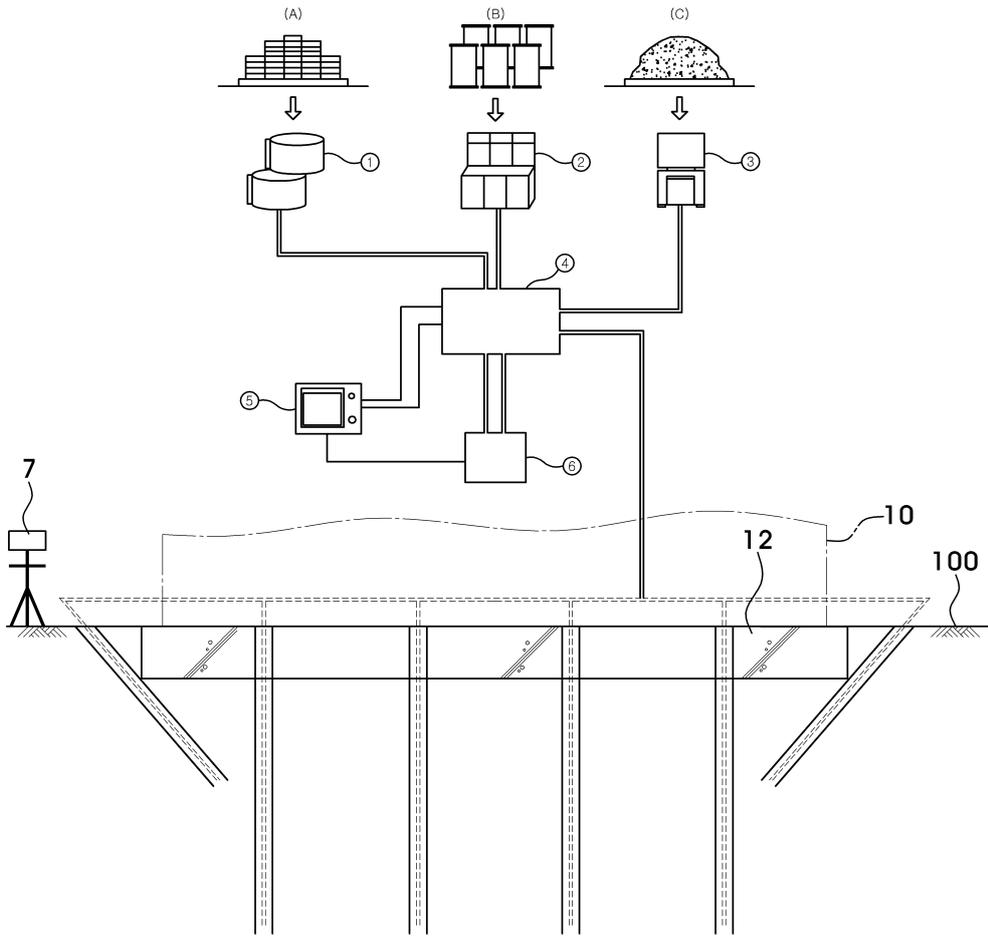
[0047] 지금까지 본 발명은 제시된 실시 예를 참조하여 상세하게 설명이 되었지만 이 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 제시된 실시 예를 참조하여 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위에서 다양한 변형 및 수정 발명을 만들 수 있을 것이다. 본 발명은 이와 같은 변형 및 수정 발명에 의하여 제한되지 않으며 다만 아래에 첨부된 청구범위에 의하여 제한된다.

### 부호의 설명

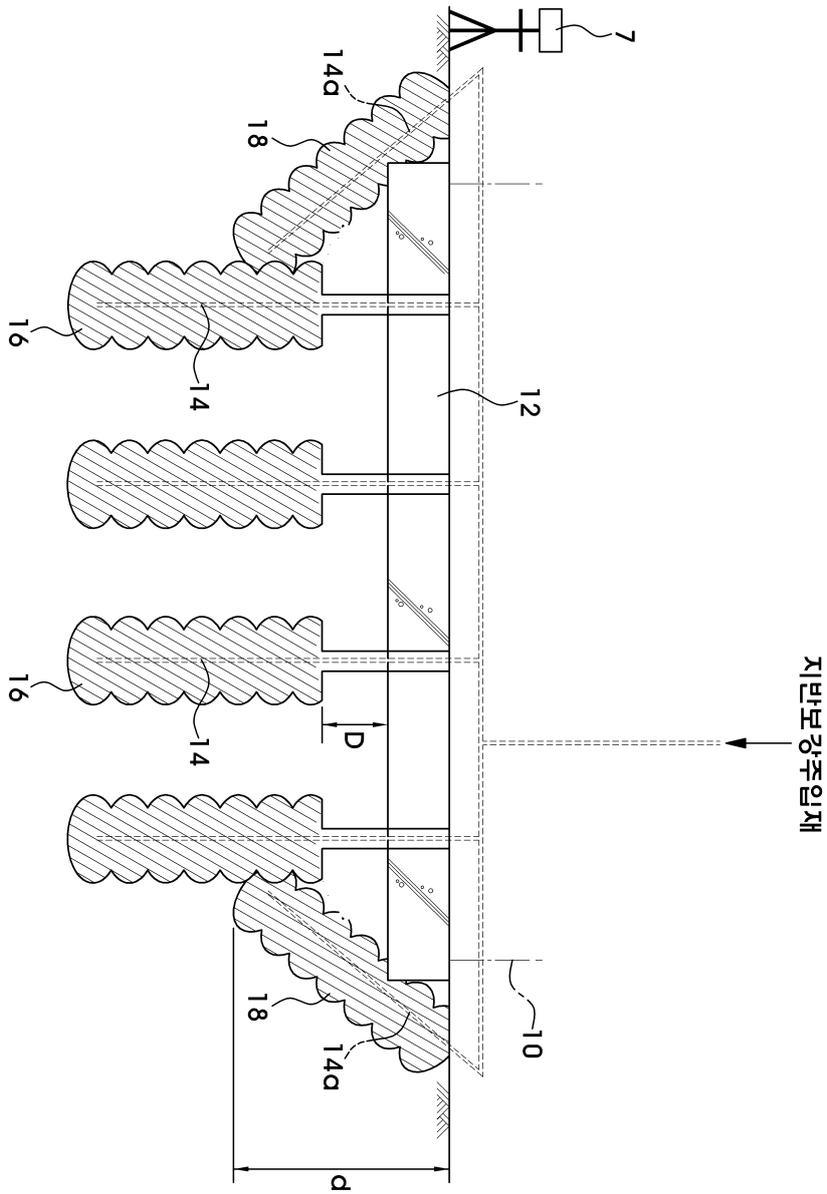
- [0048] 14: 지반보강 주입재 주입관  
 16: 구근형 반력말뚝  
 18: 인상용 주입재 커튼벽  
 20: 반력대 주입관  
 50: 막음재



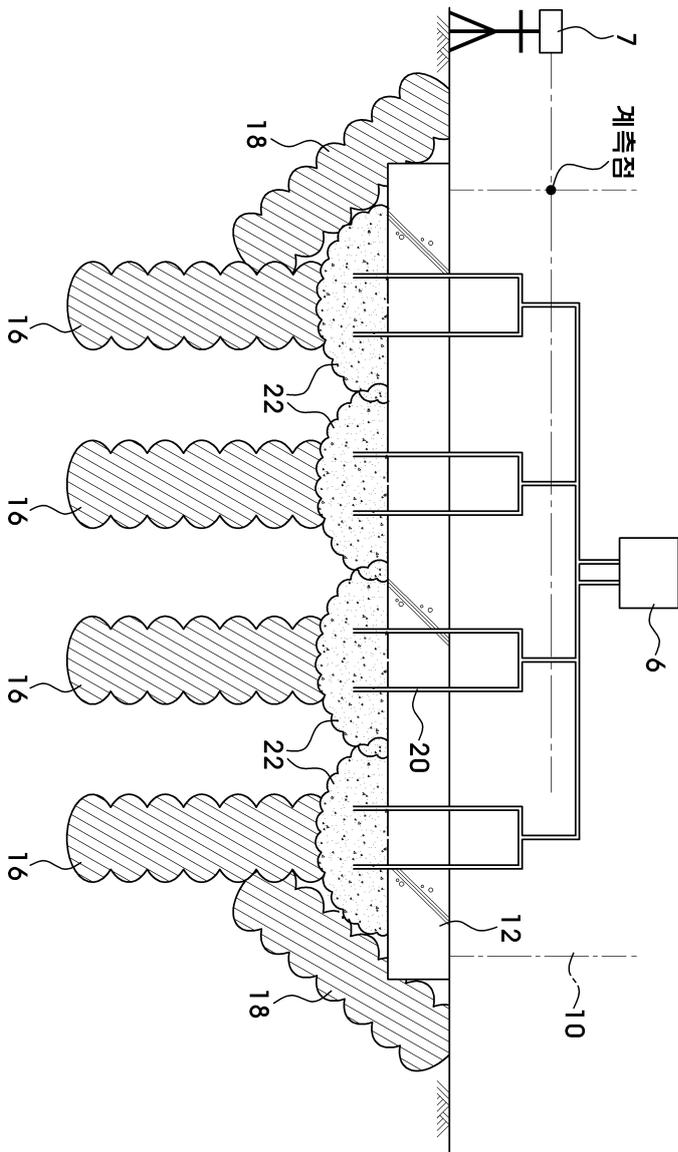
도면2



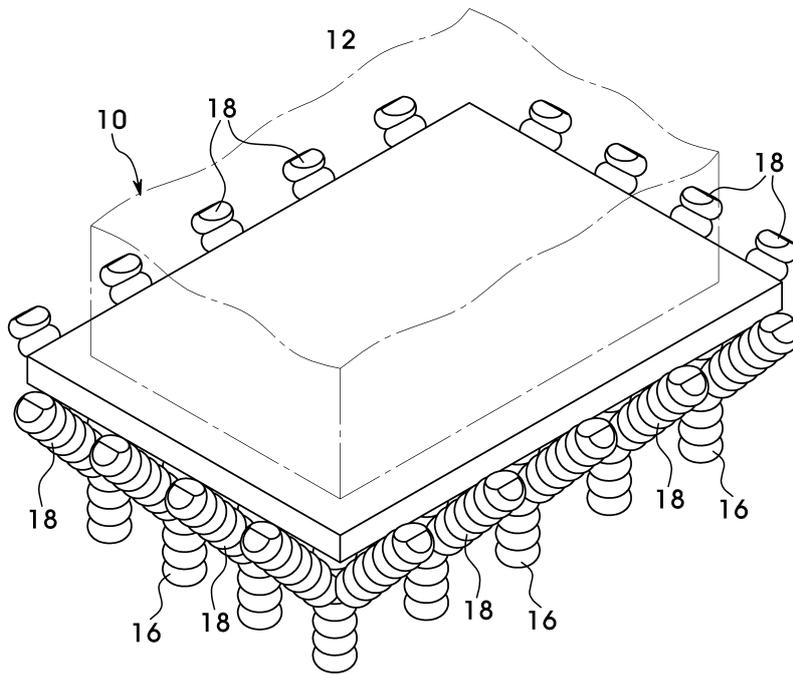
도면3



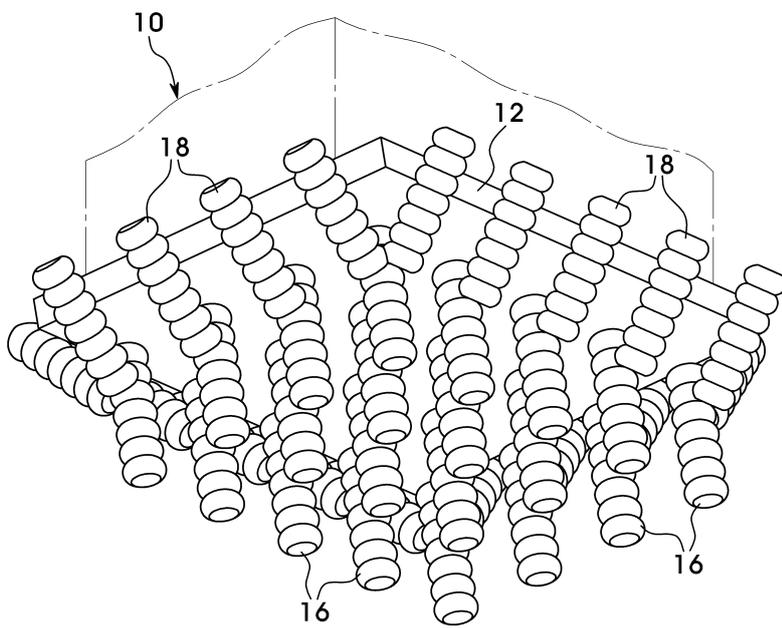
도면4



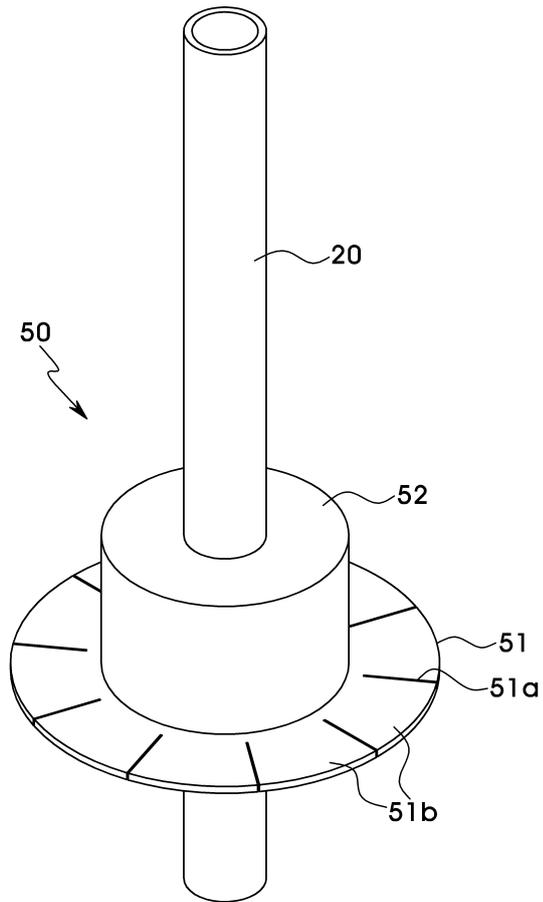
도면5a



도면5b



도면6a



도면6b

