(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0006463
(43) 공개일자 2011년01월20일

(51) Int. Cl.
E02D 5/62 (2006.01) *E02D 3/12* (2006.01)
E02D 5/46 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-0064107
(22) 출원일자 2009년07월14일
심사청구일자 2009년07월14일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가 1
(주)신화소일테크
서울 강남구 대치동 911-35 신성빌딩 201호
삼성물산 주식회사
서울특별시 서초구 서초동 1321-20
(72) 발명자
이인모
서울특별시 중랑구 묵동 20 신내두산아파트 519-1202
김태섭
서울특별시 광진구 광장동 561번지 삼성아파트 1동 709호
이규상
서울특별시 강남구 역삼동 755-4 대림e-편한세상 102동 1502호
(74) 대리인
특허법인충현

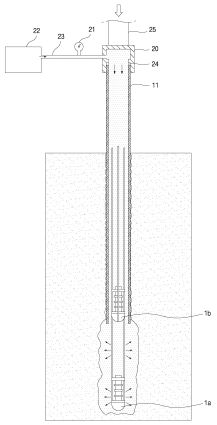
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 가압식 압축형 지반앵커의 시공방법

(57) 요 약

본 발명은 가압식 압축형 지반 앵커의 시공방법에 관한 것으로서, 보강이 필요한 대상 지반에 케이싱과 천공장치를 이용하여 천공홀을 형성하는 단계; 상기 천공홀 내에 삽입된 케이싱 내부로 1차 그라우트제를 채우는 단계; 강선과 내하체를 포함하는 지반앵커를 상기 천공홀 내부에 삽입하는 단계; 상기 케이싱을 상기 내하체의 위치까지 인발하는 단계; 및 상기 케이싱 후단에 가압캡을 설치하고, 상기 가압캡에 연결된 주입관을 통해 지반 조건에 맞는 주입압력과 주입시간으로 그라우트제를 주입하는 가압 그라우팅 단계를 포함하고, 상기 가압 그라우팅 단계에서 그라우트제의 주입압력은 압력게이지를 통해 모니터링되는 것을 특징으로 하며, 이를 통해 가압 그라우팅 시 압력이 손실되지 않고 정착장에 확실하게 그라우팅 압력이 전달됨으로써 공동의 발생이 억제되고, 그라우팅의 충전 불량을 해소하여 그라우팅 품질의 향상을 얻을 수 있을 뿐 아니라, 공경 확대 및 잔류응력 효과로 극한인발저항력을 증대시킬 수 있다.

대 표 도 - 도2e



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 R0901591
부처명 (주)신화소일테크
연구관리전문기관
연구사업명 연구용역
연구과제명 가압식 압축형 지반 앵커체의 개발
기여율
주관기관 고려대학교
연구기간 2008년 05월 01일 ~ 2009년 06월 30일

특허청구의 범위

청구항 1

보강이 필요한 대상 지반에 케이싱과 천공장치를 이용하여 천공홀을 형성하는 단계;

상기 천공홀 내에 삽입된 케이싱 내부로 1차 그라우트제를 채우는 단계;

강선과 내하체를 포함하는 지반앵커를 상기 천공홀 내부에 삽입하는 단계;

상기 케이싱을 상기 내하체의 위치까지 인발하는 단계; 및

상기 케이싱 후단에 가압캡을 설치하고, 상기 가압캡에 연결된 주입관을 통해 지반 조건에 맞는 주입압력과 주입시간으로 그라우트제를 주입하는 가압 그라우팅 단계를 포함하고,

상기 가압 그라우팅 단계에서 그라우트제의 주입압력은 압력게이지를 통해 모니터링되는 것을 특징으로 하는 가압식 압축형 지반앵커의 시공방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 가압 그라우팅 단계에서 그라우트제의 주입압력은 100kPa 내지 500kPa 인 것을 특징으로 하는 가압식 압축형 지반앵커의 시공방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 가압 그라우팅 단계에서 그라우트제의 최소 주입시간은 지반의 투수계수가 5.0×10^{-3}㎝/sec 내지 5.0×10^{-5}㎝/sec 일 때 30초 내지 270초 이며, 지반의 투수계수가 감소할수록 상기 최소 주입시간이 증가하는 것을 특징으로 하는 가압식 압축형 지반앵커의 시공방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 가압캡의 내부에는 상기 케이싱과의 접촉부분에 패킹이 구비되고,

상기 가압캡 상부를 가압함으로써 상기 가압캡 및 상기 케이싱을 기밀시키는 것을 특징으로 하는 가압식 압축형 지반앵커의 시공방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 천공홀을 형성하는 단계는, 내부 및 외부 케이싱으로 이루어진 더블 케이싱을 이용하여 대상지반을 천공하고, 상기 내부 케이싱을 제거함으로써 상기 외부 케이싱과 천공된 지반이 밀착되도록 하는 것을 특징으로 하는 가압식 압축형 지반앵커의 시공방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 지반앵커가 복수개의 내하체를 포함하는 경우, 상기 케이싱을 인발하는 단계 및 상기 가압 그라우팅 단계는 상기 복수개의 내하체 위치별로 단계적으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 가압식 압축형 지반앵커의 시공방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 가압 그라우팅 단계 이후, 상기 강선을 인장하여 상기 지반앵커를 긴장 및 정착시키는 단계를 더 포함하는

것을 특징으로 하는 가압식 압축형 지반앵커의 시공방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 지반앵커가 복수개의 내하체를 포함하는 경우, 상기 지반앵커의 선단에 위치하는 내하체를 둘러싸는 강선부터 차례로 인장하는 것을 특징으로 하는 가압식 압축형 지반앵커의 시공방법.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 지반앵커의 긴장 및 정착 단계 이후, 시공된 지반앵커의 극한인발저항력(P_u)은 하기식으로 산정될 수 있는 것을 특징으로 하는 가압식 압축형 지반앵커의 시공방법.

$$P_u = \pi \cdot D \cdot L \cdot \tau_u \cdot G_e$$

(여기서, D는 천공직경, L은 지반앵커의 정착장 길이, τ_u는 지반앵커의 단위면적당 주면마찰저항력, Ge는 지반앵커의 근접 시공으로 인한 군효율을 의미하며, 상기 τ_u 및 상기 Ge는 하기식으로 정의되고,

$$\tau_u\,[kPa] = 1.83 \times N_{52.5} + 95.82$$

여기서, $N_{52.5}$는 표준관입시험값이고,

$$G_e = 0.209 \ln(a/R) + 0.840 \geq 0.5$$

여기서, a=지반앵커의 이격거리, R=앵커장×tanβ, β=2/3×ϕ(토사), 45°(암반), ϕ=내부마찰각을 의미함).

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 가압식 압축형 지반앵커의 시공방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 정량화된 가압 그라우팅을 실시하여 압력 손실이 없이 정착장에 확실히 그라우팅 압력이 전달됨으로써 공동의 발생을 억제하고, 그라우팅의 충전 불량을 해소하여 그라우팅의 품질을 향상시킬 수 있는 가압식 압축형 지반앵커의 시공방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 지반앵커(ground anchor)는 대상 구조물을 지반에 정착시키기 위하여 고강도의 강재에 높은 긴장력을 도입하여 구조물에 횡방향 또는 연직 방향의 구속력 및 선행하중(Pre-stress)을 가하기 위한 효과적인 공법으로 사용되고 있다. 또한, 흑막이 지지구조로서 스트러트(Strut), 레이커(Raker), 소일 네일링(Soil Nailing) 등 여러 다른 공법이 있지만, 굴착 내부 작업 공간 확보 및 후속 구조물 공정과 연계된 시공 용이성을 감안할 때, 지반앵커는 가장 선호도가 높은 공법이다.

[0003] 지반앵커는 정착되는 지반의 종류, 설치방향, 그라우트 압력, 앵커체의 모양에 따라 분류할 수 있으며, 특히 앵커의 긴장력을 가하는 방식에 따라 인장형 지반앵커와 압축형 지반앵커로 구분된다.

[0004] 도심지 굴착공사에서 기존 건물이나 시설물에 인접하여 지반앵커를 설치할 경우 대지 경계선을 침범해서 앵커를 설치해야 하는 사례가 많이 발생하고 있다. 이런 경우에는 본체 구조물이 완성된 후 앵커를 제거해야 하므로 계획 단계에서부터 제거식 지반앵커를 고려해야 한다. 제거식 지반앵커는 피시스트랜드(PC strand)를 제거해야 하는 특성으로 인해 주로 압축형 지반앵커로 개발되어 사용되고 있다.

[0005] 이 압축형 지반앵커는 제거를 용이하게 하기 위하여 피시 스트랜드가 전부 피복되어 있고, 이 피시 스트랜드 정

착부에 1개 또는 여러개의 내하체가 정착되어 있는 구조로 되어 있어 인발거동 메커니즘이 인장형 지반 앵커와는 다르게 나타나고 있다. 그런데, 국내에는 이런 압축형 지반앵커의 인발 특성에 부합되는 설계법이나 시공법이 규명되어 있지 않은 실정이다. 특히, 기존 중력식(무압) 그라우팅 앵커공법의 경우, 정착지반이 토사지반이거나 연약할 경우에는 앵커와 지반 사이 주면마찰저항이 작아 소정의 설계 앵커력을 확보하지 못하게 되는 경우가 빈번하게 발생하고 있다. 따라서, 이런 경우 시공 시 앵커 간격을 좁히거나 앵커의 자유장을 연장하여 비교적 단단한 지반 혹은 암반에 정착시키고 있으므로, 천공 깊이 및 앵커체 길이의 증가 그리고 앵커 공수의 증가로 인하여 총 공사비의 증가가 상당한 실정이다.

[0006] 이러한 이유로 인해 현재 국내외 토사 및 연약지반에서 보다 큰 극한 인발력을 확보하기 위한 방법으로 가압 그라우팅 공법이 개발되었으나, 지금까지 가압 그라우팅 앵커의 설계 및 시공 시 주입압력, 주입시간, 주입량 등의 시공이 대부분 기능공들의 경험에만 의존하고 있어 지반의 상태 및 조건에 따른 압력, 시간, 주입량 등과 같은 시공방법에 대한 평가가 정량적으로 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

[0007] 압력식 가압 그라우팅의 경우 지반 조건에 따라 적정한 주입압, 주입시간, 주입범위 등을 적용시키지 못했을 경우에는 오히려 수압파쇄 등의 문제점을 야기시켜 구조물의 안정성을 저해할 수도 있어 정착 후에도 굴착 지반의 붕괴사례 및 추가 보강사례가 발생하여 안정성 확보가 어렵다는 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0008] 따라서, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 가압 그라우팅 시 정착장까지 압력이 확실시 전달되어 지반앵커의 극한인발저항력이 증대되며 주입압력 및 주입시간을 정량화하여 시공의 경제성 및 안정성을 높일 수 있는 가압식 압축형 지반앵커의 시공방법을 제공하는 것이다.

과제 해결수단

[0009] 본 발명은 상기 과제를 달성하기 위하여,

[0010] 보강이 필요한 대상 지반에 케이싱과 천공장치를 이용하여 천공홀을 형성하는 단계;

[0011] 상기 천공홀 내에 삽입된 케이싱 내부로 1차 그라우트제를 채우는 단계;

[0012] 강선과 내하체를 포함하는 지반앵커를 상기 천공홀 내부에 삽입하는 단계;

[0013] 상기 케이싱을 상기 내하체의 위치까지 인발하는 단계; 및

[0014] 상기 케이싱 후단에 가압캡을 설치하고, 상기 가압캡에 연결된 주입관을 통해 지반 조건에 맞는 주입압력과 주입시간으로 그라우트제를 주입하는 가압 그라우팅 단계를 포함하고,

[0015] 상기 가압 그라우팅 단계에서 그라우트제의 주입압력은 압력게이지를 통해 모니터링되는 것을 특징으로 하는 가압식 압축형 지반앵커의 시공방법을 제공한다.

[0016] 여기서, 상기 가압 그라우팅 단계에서 그라우트제의 주입압력은 100kPa 내지 500kPa 인 것이 바람직하다.

[0017] 또한, 상기 가압 그라우팅 단계에서 그라우트제의 최소 주입시간은 지반의 투수계수가 5.0×10^{-3}㎝/sec 내지 5.0×10^{-5}㎝/sec 일 때 30초 내지 270초 이며, 지반의 투수계수가 감소할수록 상기 최소 주입시간이 증가하는 것이 바람직하다.

[0018] 또한, 상기 가압캡의 내부에는 상기 케이싱과의 접촉부분에 패킹이 구비되고, 상기 가압캡 상부를 가압함으로써 상기 가압캡 및 상기 케이싱을 기밀시키는 것이 바람직하다.

[0019] 또한, 상기 천공홀을 형성하는 단계는, 내부 및 외부 케이싱으로 이루어진 더블 케이싱을 이용하여 대상지반을 천공하고, 상기 내부 케이싱을 제거함으로써 상기 외부 케이싱과 천공된 지반이 밀착되도록 하는 것이 바람직하다.

[0020] 또한, 상기 지반앵커가 복수개의 내하체를 포함하는 경우, 상기 케이싱을 인발하는 단계 및 상기 가압 그라우팅 단계는 상기 복수개의 내하체 위치별로 단계적으로 이루어지는 것이 바람직하다.

[0021] 또한, 상기 가압 그라우팅 단계 이후, 상기 강선을 인장하여 상기 지반앵커를 긴장 및 정착시키는 단계를 더 포

함할 수 있다.

[0022] 또한, 상기 지반앵커가 복수개의 내하체를 포함하는 경우, 상기 지반앵커의 선단에 위치하는 내하체를 둘러싸는 강선부터 차례로 인장하는 것이 바람직하다.

[0023] 또한, 상기 지반앵커의 긴장 및 정착 단계 이후, 시공된 지반앵커의 극한인발저항력(P_u)은 하기식으로 산정될 수 있다.

[0024] $$P_u = \pi \cdot D \cdot L \cdot \tau_u \cdot G_e$$

[0025] (여기서, D는 천공직경, L은 지반앵커의 정착장 길이, τ_u는 지반앵커의 단위면적당 주면마찰저항력, Ge는 지반앵커의 근접 시공으로 인한 군효율을 의미하며, 상기 τ_u 및 상기 Ge는 하기식으로 정의되고,

[0026] $$\tau_u\,[kPa] = 1.83 \times N_{52.5} + 95.82$$

[0027] 여기서, $N_{52.5}$는 표준관입시험값이고,

[0028] $$G_e = 0.209 \ln(a/R) + 0.840 \geq 0.5$$

[0029] 여기서, a=지반앵커의 이격거리, R=앵커장×tanβ, β=2/3×ϕ(토사), 45°(암반), ϕ=내부마찰각을 의미함).

효 과

[0030] 본 발명에 따르면, 가압 그라우팅 시 압력이 손실되지 않고 정착장에 확실하게 그라우팅 압력이 전달됨으로써 공동의 발생이 억제되고, 그라우팅의 충전 불량을 해소하여 그라우팅 품질의 향상을 얻을 수 있다. 또한, 내하체별로 단계적으로 가압 그라우팅을 실시함으로써 천공경의 확공, 지반앵커의 거칠기 증가의 효과를 기대할 수 있으며, 이로 인해 무압 그라우팅 앵커에 비해 극한인발저항력이 증대될 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0031] 이하, 바람직한 실시예를 들어 본 발명을 더욱 상세하게 설명한다. 그러나, 이들 실시예는 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명의 범위가 이에 의하여 제한되지 않는다는 것은 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 자명할 것이다.

[0032] 도 1은 본 발명에 따른 지반앵커의 구조도이다. 지반앵커(10)는 내하체(1) 및 강선(2)을 포함하여 이루어지며, 와이어(4)와 그 외측을 감싸는 피복(3)으로 이루어진 강선(2)은 내하체(1)를 따라 고정구(5)에 의해 결속되어 연장되어 있다.

[0033] 지반앵커(10)는 도 1에 도시된 바와 같이, 복수개의 내하체(1a, 1b, ...) 및 이에 체결된 강선(2a, 2b, ...)으로 구성될 수 있다. 즉, 내하체를 복수개 설치한 다음 내하체의 선단을 각각의 강선으로 감고, 일정한 간격을 두고 설치된 각각의 내하체와 강선을 고정구로 각각 상호고정하면서, 강선이 일정 길이로 연장되도록 구성될 수 있다.

[0034] 본 명세서에서 "선단" 이란 지표에서 먼쪽, 즉 천공홀의 깊이 방향으로의 일단을 의미하며, 이와 반대로 "후단" 이란 지표에 가까운 쪽의 일단을 의미한다.

[0035] 도 2a 내지 도 2e는 본 발명에 따른 가압식 압축형 지반앵커의 시공방법을 단계적으로 도시한 도면이다. 즉, 도 2a는 케이싱(11)과 천공장치(미도시)를 이용하여 지반에 천공홀(h)을 형성한 후, 케이싱(11)이 천공홀 내에 삽입된 상태를 나타낸 도면이고, 도 2b는 천공홀 내에 삽입된 케이싱 내부에 1차 그라우트제가 채워진 상태를 나타낸 도면이고, 도 2c는 천공홀 내부에 삽입된 가압식 압축형 지반앵커를 나타낸 도면이고, 도 2d는 케이싱(11)을 내하체(1a) 위치까지 인발한 상태를 나타낸 도면이고, 도 2e는 케이싱(11) 후단에 부착된 가압캡(20)을 설치하고, 소정의 주입시간 동안 상기 가압캡에 연결된 주입관(23)을 이용하여 소정의 주입압으로 그라우트제를 주입하는 상태를 나타낸 도면이고, 도 2f는 가압캡 및 케이싱이 완전히 제거된 후, 지반앵커의 긴장 및 정착단

계를 나타낸 도면이다.

[0036] 먼저, 본 발명에 따른 가압식 압축형 지반앵커의 시공방법은 지반의 지지력을 보강하기 위한 대상 지반에 케이싱(11)과 천공장치(미도시)를 이용하여 천공홀(h)을 형성한다. 케이싱은 그 길이방향으로 복수개의 캐이싱을 연결하여 천공홀의 깊이에 맞게 조절할 수 있다. 천공홀(h)을 형성하는 단계는 내부 및 외부 케이싱으로 이루어진 더블 케이싱(미도시)을 이용할 수 있다. 즉, 내부 케이싱 첨단에 다이아몬드와 같이 강도가 높은 재질의 천공비트를 부착하고 동시에 내부 케이싱을 통하여 물을 공급하면서 지반을 천공할 수 있으며, 공급된 물은 내부 케이싱과 외부 케이싱 사이의 간극을 통하여 케이싱 내측에서 배수할 수 있다.

[0037] 천공이 완료된 이후에는 내부 케이싱을 제거하여 외부 케이싱이 굴착된 천공홀에 위치하도록 한다. 이와 같이, 더블 케이싱을 이용한 천공방법은 천공 후 케이싱(외부 케이싱)이 굴착된 지반에 실질적으로 밀착되도록 삽입될 수 있기 때문에, 가압 그라우팅 시 정착장까지 그라우팅 압력이 확실히 전달될 수 있는 이점이 있다.

[0038] 다음으로, 천공홀 내에 삽입된 케이싱(11) 내부로 1차 그라우트제를 채운다. 그라우트의 배합은 물과 시멘트의 혼합 중량비가 1:2가 되도록 하며, 팽창제를 포함한 기타의 혼화재의 첨가는 없는 것이 바람직하다. 호스(12)를 천공홀 선단까지 삽입한 후 무가압된 그라우트제를 천공홀 내부에 채우며, 이때 그라우트제가 케이싱(11) 바깥으로 흘러넘칠 때 까지 그라우트제를 채우는 것이 바람직하다.

[0039] 1차 그라우트제를 채운 후, 강선과 내하체를 포함하는 지반앵커(10)를 천공홀 내부에 삽입한다. 지반앵커(10)는 복수개의 내하체가 다단으로 연결될 수 있으며, 지반앵커의 총길이는 앵커장 보다 1.5 내지 2.0m 길게 여유를 두는 것이 바람직하다. 또한, 추후 강선의 인장시 편의를 위해, 동일한 내하체를 감싸고 있는 한쌍의 강선에 표시를 해 두는 것이 바람직하다.

[0040] 케이싱(11) 내부로 지반앵커(10)의 삽입이 완료된 후, 케이싱(11)을 내하체(1a) 위치까지 분할 인발하도록 한다. 이 때, 지표 밖으로 돌출된 일부의 케이싱은 분리되어 해체될 수 있다.

[0041] 이후, 케이싱(11) 후단에 가압캡(20)을 설치하고 소정의 주입시간 동안 적정 주입압력으로 가압 그라우팅을 실시한다. 가압 그라우팅 시, 압력게이지(21)를 이용하여 공급되는 그라우트제의 압력을 모니터링 할 수 있으며, 적정 주입압력에 미달될 경우, 그라우트제 공급용 펌프(22)의 공급 압력을 높이도록 한다.

[0042] 그라우트제의 적정 주입압력 및 주입시간은 대상 지반의 종류에 따라 달라질 수 있으며, 주입시간 역시 대상 지반의 투수 계수에 따라 달라질 수 있다. 적정 주입압력 및 주입시간에 대한 구체적인 수치는 후술하기로 한다.

[0043] 가압 그라우팅 단계에 사용되는 가압캡(20)은 케이싱의 후단에 설치되며, 일측에 가압된 그라우트를 공급하는 주입관(23)이 연결되어 있다. 가압캡은 케이싱과 동일한 재질, 예컨대 금속으로 제조되는 것이 바람직하다.

[0044] 그리고, 이 주입관에는 천공홀에 주입되는 가압 그라우트의 주입압력을 표시하는 압력게이지(21)가 설치되어 있다. 이 압력게이지를 통해 작업자는 그라우트제가 적정 주입압력에 미달되거나 적정 주입압력을 초과할 경우 펌프의 압력을 조절하여 가압 그라우팅 단계에서 공급되는 그라우트제의 압력을 조절할 수 있다.

[0045] 한편, 상기 압력게이지(21)는 가압캡(20)에 설치될 수도 있으며, 천공홀 내부로 주입되는 그라우트제의 주입압력을 계측할 수 있는 곳이라면 그 장착 위치는 한정되지 않는다.

[0046] 종래의 압축형 지반 앵커에서의 가압 그라우팅 작업 시에는 작업자가 경험에만 의존하여 주입되는 그라우트제의 압력을 결정하였지만, 본 발명에서는 압력게이지를 이용하여 천공홀에 주입되는 그라우트제의 압력을 모니터링 할 수 있다.

[0047] 한편, 가압 그라우팅 시, 천공홀 내부로 공급되는 그라우트제의 압력 손실을 방지하기 위해, 가압캡의 내부에는 패킹(24)이 설치될 수 있다. 이 패킹은 고무 재질인 것이 바람직하며, 케이싱(11)과 가압캡 간의 결합시 기밀을 유지하도록 하여 가압캡 및 케이싱 내부에서 가압된 그라우트제의 압력이 강하되는 것을 막을 수 있다. 또한, 가압캡과 케이싱 간의 기밀 효과를 더욱 높이기 위해, 가압캡의 상부를 가압하는 것이 바람직하다. 예를 들면, 천공장치의 삽입봉(25)을 이용하여 가압캡 상부를 가압하면서 가압 그라우팅 단계를 실시할 수 있다.

[0048] 한편, 지반앵커(10)가 복수개의 내하체(1a, 1b, ...)를 포함하는 경우에는 케이싱을 인발하는 단계 및 가압 그라우팅 단계는 복수개의 내하체 위치별로 분할하여 단계적으로 이루어질 수 있다.

[0049] 예를 들면, 2단의 내하체를 포함하는 지반앵커가 삽입된 경우에는 케이싱을 내하체(1b) 위치로 단계적으로 인발한 후, 가압 그라우팅 단계를 반복해서 실시한다. 이 후, 가압캡(20)을 케이싱(11)으로부터 분리하고 케이싱을 천공홀로부터 완전히 제거한다.

[0050] 도 2f는 가압캡 및 케이싱이 완전히 제거된 후, 지반앵커의 긴장 및 정착단계를 나타낸 도면이다.

[0051] 강선의 인장 순서는, 내하체(1a, 1b, ...)가 복수개로 이루어진 경우, 지반앵커(10)의 선단에 위치하는 제1 내하체(1a)를 둘러싸는 강선(2a)부터 차례로 인장하는 것이 바람직하다. 즉, 먼저 제1 내하체(1a)를 감싼 제1 강선(2a)의 단부에 인장력을 주어 일정량 인장하고, 제2 내하체(1b)를 감싼 제2 강선(2b)의 단부에 인장력을 주어 인장하는 순서로 지반앵커를 긴장시킨다. 그리고, 지반에 배치된 지압판(31)에 설치된 정착판(32)에 상술한 바와 같이 인장된 제1 및 제2 강선을 정착 고정시키면서 지반앵커 시공을 마무리한다.

[0052] 이하에서는, 가압 그라우팅의 주입시간, 주입압력 및 본 발명에 따른 시공방법에 의해 시공된 가압식 압축형 지반앵커의 극한인발저항력을 산정하는 과정을 실험 결과를 토대로 설명하고자 한다.

[0053] 지반의 투수계수에 따른 가압 그라우팅 최소 주입시간의 산정

[0054] 가압 그라우팅으로 인해 주변 지반으로 물이 빠져나가면서 그라우트제 내부의 과잉간극수압이 소산되는 속도는 주변 지반의 투수계수에 의해 결정된다. 그라우트 압밀모델에 따른 그라우트의 평균 압밀도(과잉간극수압의 소산정도)는 압밀계수, 그라우트-지반의 투수계수비, 천공반경 등에 의해 결정된다. 이 중 그라우트-지반 투수계수비, 천공반경은 실제 실측을 통해 결정되는 요소이므로, 그라우트 압밀 계수에 대한 수정이 필요하다. 시멘트 그라우트의 압밀계수는 시멘트 페이스트의 물/시멘트 비에 따라 변할 것이므로, 압밀계수 값을 변화시켜 가면서 실험결과와 일치하는 값을 찾는 과정을 반복하였다. 그 결과, 물 및 시멘트의 혼합 중량비가 1:2 인 경우, 압밀계수는 0.38 ~ 0.45㎠/sec 일 때, 실험결과와 일치하는 결과를 보였으며, 수정된 압밀계수를 0.42㎠/sec로 적용하여, 수학식 1로 표시되는 그라우트제 내부의 기본 압밀 방정식을 이용하여 지반의 투수계수에 따른 "시간-그라우트 평균압밀도"의 관계를 도 3에 도시하였다.

수학식 1

$$\frac{\partial u}{\partial t} = c\left[\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial u}{\partial r}\right]$$

[0055]

[0056] 여기서, r은 천공 중심에서 방사방향 임의의 거리를, c는 시멘트 그라우팅제의 압밀계수를 의미한다.

[0057] 실제 현장에서 물/시멘트의 혼합 중량비는 50%이나, 가압 그라우팅으로 인해 물이 주변 지반으로 빠져나가면서 함수비가 감소하며 최종적으로 약 30%의 함수비까지 감소한다고 알려져 있다.

[0058] 시멘트의 함수비에 따라 그라우트의 상태가 크게 변하며, 고체-액체의 대략적인 경계로 시멘트 함수비를 대략 35%로 볼 수 있다. 따라서, 가압 그라우팅으로 인해 그라우트제로부터 물이 빠져나감에 따라 그라우트제의 강성이 발현되는 함수비를 35%로 추정할 수 있으며, 이 값에 도달했을 때 그라우트제의 평균 압밀도는 다음과 같이 산정할 수 있다.

수학식 2

$$U = \frac{50\% - 35\%}{50\% - 30\%} = 0.75 = 75\%$$

[0059]

[0060] 따라서, 일반적으로 현장 풍화토층의 투수계수 범위인 5×10^{-3} ~ 5×10^{-5} ㎝/sec 구간에서 75%의 평균 압밀도에 도달하는 시간을 도 3에 도시된 그래프를 이용하여 계산하면 표 1과 같다.

표 1

지반의 투수계수 [cm/sec]	75% 평균 압밀도에 도달하는 시간 [sec]
$5.0\times10^{-3}cm/sec$	30 초
$1.0\times10^{-3}cm/sec$	45 초
$5.0\times10^{-4}cm/sec$	60 초
$1.0\times10^{-4}cm/sec$	150 초
$5.0\times10^{-5}cm/sec$	270 초

※ 천공 반경은 일반적으로 현장에서 사용하는 $\phi=135mm$를 적용한 값.

※ 그라우트의 압밀계수(c)는 수정된 압밀계수 $c=0.42cm^2/sec$를 적용함.

[0061]

[0062] 따라서, 가압 그라우팅 시에 그라우트제의 최소 주입시간은 지반의 투수계수가 5.0×10^{-3}㎝/sec 내지 5.0×10^{-5}㎝/sec 일 때 30초 내지 270초 인 것이 바람직하며, 지반의 투수계수가 감소할수록 상기 최소 주입시간이 증가되어야 함을 알 수 있다.

[0063] 한편, 가압 그라우팅의 적정 주입시간은 가압 그라우팅으로 인해 그라우트제로부터 물이 빠져나감(압밀)에 따라 그라우트제의 강성이 발현되는 시간동안 최소한 가압 그라우팅 주입이 이루어져야 한다는 관점으로 접근할 수 있다. 따라서, 표 1에 기재된 지반의 투수계수에 따른 75%의 평균 압밀도에 도달하는 시간 전에 가압 그라우팅이 중단된다면 가압 그라우팅으로 인해 팽창되었던 내공 변위가 급격히 줄어들어 잔류응력의 효과를 기대할 수 없다. 즉, 최소 주입시간 이상으로 가압 그라우팅이 실시되어야만 가압 그라우팅에 따른 인발저항력의 향상을 가져올 수 있는 것이다.

[0064] 가압 그라우팅으로 인해 발생하는 확공 현상 및 천공벽에 작용하는 잔류응력의 요소가 지반앵커의 인발저항력을 증가시키는 중요한 요인이라는 것을 감안하면, 최소 주입시간 이상의 가압 그라우팅 주입은 지반앵커의 인발저항력 증대에 필수적임을 알 수 있다.

[0065] 현장시험

[0066] 현장시험은 압축형 지반앵커의 가압그라우팅의 효과를 규명하기 위하여 실시되었는데 효율적인 가압 그라우팅 방법을 모색하여 압축형 지반앵커에 부합한 가압그라우팅의 시공방법을 정립하기 위하여 총 5차에 걸쳐 현장위치와 지반종류를 달리하면서 수행하였다. 아울러 제3차, 제4차 현장시험에서는 군효과(지반앵커 간 상호 영향에 의한 간섭효과) 시험을 병행하여 수행하였다.

[0067] 1) 표준관입치의 측정

[0068] 표준관입시험은 63.5kg의 해머를 높이 76㎝에서 자유낙하시켜 정해진 규격의 원통 분리형 시료채취기를 시추공 내에서 30cm 관입시키는 데 필요한 해머타격회수(N치)를 측정하여, 그 결과로서 지반을 분류하거나 연경도를 평가하고, 나아가 지반의 강도, 상대밀도, 내부마찰각 등 지반 정수를 추정하며, 또한 교란된 상태의 시료를 얻어 육안으로 확인할 수 있는 원위치 시험방법이다.

[0069] 현장시험에서는 표준관입시험을 통해 N값을 측정하였으며, 국내에서는 이론적 해머의 자유낙하에너지에 대한 관입에 사용되는 에너지의 비로 정의되는 표준관입시험의 에너지비를 52.5%로 가정하므로, 상기 N값은 $N_{52.5}$로 표시된다.

[0070] 2)그라우트제의 제원

[0071] 시험 시공시, 그라우트제에 사용한 시멘트는 일반 포틀랜드 시멘트로서 물-시멘트 혼합 중량비(W/C)가 50%이며, 기타 혼화재는 첨가하지 않았다.

[0072] 3) 현장시험결과

[0073] 가압 그라우팅에 의한 효과를 분석하기 위하여, 무압 및 가압으로 그라우팅을 수행한 경우의 현장시험결과를 표 2a 내지 표 2e에 기재하였다. 여기서, 확공률이란 실측직경과 천공직경의 차이값을 천공직경으로 나눈 값을 의미하며, k는 지반 투수 계수를 의미한다. 그리고, "앵커장"이란 지반앵커가 천공홀에 매설된 지반앵커의 길이

를 의미하고, "정착장"이란 가압 주입된 그라우트에 의해 천공홀에 정착된 지반앵커의 길이를 의미하며, "자유장"이란 "앵커장"에서 "정착장"을 제외한 지반앵커의 길이를 의미한다.

[0074] 또한, 현장시험의 지반조건을 표 3에 기재하였다.

[0075] 가압 그라우팅 시, 그라우팅 주입은 대략 100 내지 250 kPa의 주입압력으로 수행되었지만, 지반 조건에 따라 주입압력을 최대 500kpa까지 높일 수 있다. 즉, 그라우팅 주입압력은 100 내지 500 kPa인 것이 바람직하며, 상기 주입압력의 범위 미만으로 그라우트제를 주입한다면 가압 그라우팅의 효과를 얻을 수 없으며, 상기 주입압력의 범위를 초과하여 그라우트제를 주입한다면 지반의 크랙이 발생되어 크랙 사이로 그라우트제가 유출되어 가압 그라우팅의 효과가 떨어지게 된다.

표 2a

현장시험 차수	정착 지층	앵커제원	앵커 CASE	가압력 [kPa]	인발력시험값 (가압/무압) [KN]	평균직경 [mm]	확공율 (가압/무압) [%]	표면거칠기각 [도]
제1차	퇴적토층 (실트질모래) $N_{52.5}=9$ $k=6.15\times10^{-3}$ cm/sec	압축형 길이 12m (자유장6m+정착장6m) 천공직경135mm 천공각도 30도	1	가압 100	445.1 (1.50)	168.1	24.52	25.3
			2	가압 100	551.0 (1.86)	162.7	20.52	25.6
			5	가압 100	572.0 (1.93)	163.1	20.81	18.6
			7	가압 140	403.0 (1.36)	162.2	20.15	24.3
			10	무압 0	297.0 (1.00)	143.8	6.52	0.0

[0076]

표 2b

현장시험 차수	정착 지층	앵커제원	앵커 CASE	가압력 [kPa]	인발력시험값 (가압/무압) [KN]	평균직경 [mm]	확공율 (가압/무압) [%]	표면거칠기각 [도]
제2차	풍화토층 (화강암) $N_{52.5}=24$ $k=1.37\times10^{-4}$ cm/sec	압축형 길이5m (자유장3m+정착장2m) 천공직경135mm 천공각도 90도	1-1	무압 0	325.7 (1.00)	156.0	15.56	0.0
			2-2	가압 220	386.5 (1.19)	164.0	21.48	14.3
			3-1	가압 250	447.9 (1.38)	165.6	22.67	14.8
			3-2	가압 250	470.8 (1.45)	164.0	21.48	7.1

[0077]

표 2c

현장시험 차수	정착 지층	앵커제원	앵커 CASE	가압력 [kPa]	인발력시험값 (가압/무압) [KN]	평균직경 [mm]	확공율 (가압/무압) [%]	표면거칠기각 [도]
제3차	풍화토층 ($N_{52.5}$ > 50, 편마암) $N_{52.5}=75$ $k=1.2\times10^{-4}$ cm/sec	압축형 길이5m (자유장3m+정착장2m) 천공직경135mm 천공각도 90도	1-2	무압 0	503.7 (1.00)	140.3	3.90	0.0
			2-1	가압 196	470.4 (0.93)	-	-	-
			2-2	가압 157	477.3 (0.95)	141.6	4.90	0.0

[0078]

표 2d

현장시험 차수	정착 지층	앵커제원	앵커 CASE	가압력 [kPa]	인발력시험값 (가압/무압) [KN]	평균직경 [mm]	확공율 (가압/무압) [%]	표면거칠기각 [도]
제4차	풍화토층 (편마암) $N_{52.5}$=17 $k=5.27\times10^{-4}$cm/sec	압축형 길이5m (자유장3m+정착장2m) 천공직경135mm 천공각도 90도	1-1	무압 0	170.4 (1.00)	-	-	-
			1-2	무압 0	176.5 (1.00)	136.1	0.8	-
			2-1	가압 196	302.1 (1.74)	-	-	-
			2-2	가압 294	272.6 (1.57)	143.2	6.1	-

[0079]

표 2e

현장시험 차수	정착 지층	앵커제원	앵커 CASE	가압력 [kPa]	인발력시험값 (가압/무압) [KN]	평균직경 [mm]	확공율 (가압/무압) [%]	표면거칠기각 [도]
제5차	풍화토층 (편마암) $N_{52.5}$=17 $k=4.83\times10^{-4}$cm/sec	압축형 길이5~11m (자유장분리 및 비분리) 천공직경135mm 천공각도 90도	1-1	가압 220	238.8	-	-	-
			1-2	가압 250	103.9	-	-	-
			2-1	가압 230	405.0	-	-	-
			2-2	가압 200	114.2	-	-	-
			3-1	가압 280	394.6	-	-	-
			4-2	가압 230	207.7	-	-	-

[0080]

표 3

구 분	제 1 차 현장시험	제 2 차 현장시험	제 3 차 현장시험	제 4 차 현장시험	비 고
정착 지층	퇴적토층 ($N_{52.5}$ <50)	풍화토층 ($N_{52.5}$ <50)	풍화토층 ($N_{52.5}$> 50)	풍화토층 ($N_{52.5}$ <50)	지반조사결과
표준관입치($N_{52.5}$)	9	24	75	17	표준관입시험 (SPT)
내부마찰각 ϕ [deg]	27.0	35.2	32.0	28.0	공내전단시험 (BST) $\delta \simeq \phi$
점착력 c[kPa]	0.0	9.3	3.3	4.9	공내전단시험 (BST)
투수계수 k [cm/sec]	6.15×10^{-3}	1.37×10^{-4}	1.24×10^{-4}	5.27×10^{-4}	현장투수시험
상대밀도 D_r	loose 0.37	medium 0.50	very dense 0.90	medium 0.47	Peck-Meyerhof (1956)
포아송비 ν	0.400	0.394	0.407	0.407	동적시험 Das(1977)
단위중량 γ (KN/m^3)	17	18	19	18.3	실내토질시험
정지토압계수 k_0	0.55	0.52	0.47	0.53	$k_0=1-\sin\phi$ (Jaky,1994)
평균유효상재압력 σ'_n (kPa)	48.6	37.4	35.7	38.8	$\sigma'_n=k_0\cdot\sigma'_v=k_0\cdot\gamma'\cdot z$

[0081]

[0082] 가압 그라우팅과 무가압 그라우팅 결과를 비교해 보면, 가압의 경우 무가압의 경우보다 극한인발저항력이 퇴적토(실트질모래, $N_{52.5}$=9)의 경우에는 1.36~1.93배(평균1.66배), $N_{52.5}$치가 50이하인 풍화토층에서는 1.19~1.74배(평균 1.47배)까지 증가를 보이고 있는 반면, $N_{52.5}$치가 50이상인 풍화토층이상에서는 0.93~0.95(평균0.94배)로 가압그라우팅으로 인한 인발저항력 증가 효과를 기대할 수 없었다. 이런 결과로 볼 때 가압 그라우팅에 의한 인발 저항력 증가의 효과는 $N_{52.5}$치가 50이하의 지반에서 효과가 있으며, 상대적으로 지반이 느슨할수록, 또한 투

수성이 좋을수록 그 효과가 커진 다는 것을 알 수 있다.

[0083] 한편, 지반의 투수성이 좋을수록 무가압 그라우팅 경우에 비해 가압 그라우팅 지반앵커의 극한인발저항력의 증가 효과가 크다는 것을 확인할 수 있다. 이는 현장시험을 실시한 현장이 투수성이 큰 지반에서 표준관입치(N값)가 작은 영향 이외에도 투수성이 좋은 지반에서는 가압그라우팅 주입으로 인해 반경방향 응력증가로 인한 공경의 확대뿐만 아니라 주변 지반으로 그라우트제의 침투 현상이 발생하여 앵커체의 실제 직경이 증가할 것으로 예상되므로 이러한 영향으로 인해 투수성이 좋을수록 무가압 그라우팅 경우에 비해 가압 그라우팅 지반앵커의 극한인발저항력의 증가 효과가 크다고 분석할 수 있다.

[0084] 또한, 가압 그라우팅에 의한 확공율을 비교해보면, 가압을 실시했을 경우에 천공직경에 비해서 확공율이 전반적으로 크게 나타났다, 그 정도에 있어서는 퇴적토(실트질모래)의 경우에는 20.15~24.52%(평균21.5%), $N_{52.5}$치가 50이하인 풍화토층에서는 21.48~22.67%(평균21.9%)의 증대를 보이고 있는 반면, $N_{52.5}$치가 50이상인 풍화토층이상에서는 4.9%정도로 가압 그라우팅에 의한 확공의 정도가 미비했다. 한편, 무가압 그라우팅을 실시하는 경우에도 구근 직경이 천공직경에 비해 지반의 강성이나 투수계수에 따라 3.9~15.56%까지 증대된다는 것을 알 수 있다. 이와 같이, 가압 그라우팅에 의한 공경확대에 대한 효과에 있어서도 극한인발저항력 비교시와 비슷한 경향을 보이고 있다. 즉, 지반이 느슨할수록 천공경 확대효과가 커진다는 사실을 알 수 있다.

[0085] 가압그라우팅 지반앵커의 극한인발저항력 산출식

[0086] 1) 단위면적당 주면마찰저항력의 산정

[0087] 상술한 바와 같이, 가압 그라우팅으로 인한 인발저항력의 증가, 공경의 확대 등의 효과는 주변 지반이 느슨할수록(N값이 작을수록), 투수계수가 클수록 그 효과가 커진다는 것을 알 수 있다.

[0088] 따라서, 단위면적당 주면마찰저항력(τ_u)은 N값($N_{52.5}$)의 함수로 가정할 수 있다. 제1차 내지 제5차의 현장실험 결과를 토대로, N값($N_{52.5}$)에 따른 단위면적당 주면마찰저항력(τ_u)을 도 4에 도시하였으며, 극한인발저항력 산출식은 아래 수학식 3과 같다.

수학식 3

[0089] $$\tau_u\,[kPa] = 1.83 \times N_{52.5} + 95.82$$

[0090] 2)지반앵커의 군효과에 대한 고려

[0091] 제3차 시험에서는 지반앵커의 군효과를 살펴보기 위해 지반 앵커별 이격거리를 각각 3.0m, 1.0m, 0.5m로 시공하였다. 또한, 제4차 시험에서도 지반 앵커별 이격거리를 각각 2.0m, 1.75m, 1.50m, 1.25m, 1.0m, 0.75m, 0.50m로 시공하여 군효과를 살펴보았다.

[0092] 군효과를 고려하는 방법으로 Habib이 제시한 지반앵커의 극한 인발력 저감률을 이용하였으며, 제3, 4차 현장시험 결과를 통해 도출된 군효율 그래프를 도 5에 도시하였으며, 군효율 산출식은 수학식 4에 기재하였다.

수학식 4

[0093] $$G_e = 0.209 \ln(a/R) + 0.840 \;\geq\; 0.5$$

[0094] 여기서, "a=지반앵커의 이격거리, R=앵커장×tanβ, β=2/3×ϕ(토사), 45°(암반), ϕ=내부마찰각" 을 의미한다.

[0095] 내부마찰각은 표 3에 기재된 바와 같이 현장의 지반조건으로서, 현장 지반에 대한 실험을 통해 측정될 수 있다.

[0096] 3) 극한인발저항력 산출식

[0097] 상술한 내용을 바탕으로 본 발명에 따른 가압식 압축형 지반앵커 시공방법으로 시공된 지반앵커의 극한인발저항력은 아래 식으로 계산될 수 있다.

수학식 5

[0098] $$P_u = \pi \cdot D \cdot L \cdot \tau_u \cdot G_e$$

[0099] 여기서, "D는 천공 직경, L은 지반앵커의 정착장 길이, τ_u는 지반앵커의 단위면적당 주면마찰저항력, Ge는 지반앵커의 근접 시공으로 인한 군효율"을 의미한다.

[0100] 본 발명에서는 시험결과를 기초로 수학식 5로 표시되는 극한인발저항력 산출식을 도출해 내었으며, 상기 극한인발저항력은 $N_{52.5}$가 50이하의 지반에 대해 가압식 압축형 지반앵커의 설계시에 이용될 수 있다.

[0101] 본 발명의 단순한 변형 또는 변경은 모두 이 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의하여 용이하게 실시될 수 있으며, 이러한 변형이나 변경은 모두 본 발명의 영역에 포함되는 것으로 볼 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0102] 도 1은 가압식 압축형 지반앵커의 개략도이다.

[0103] 도 2a 내지 도 2f는 본 발명의 일 실시예에 따른 가압식 압축형 지반앵커의 시공방법을 단계별로 도시한 도면이다.

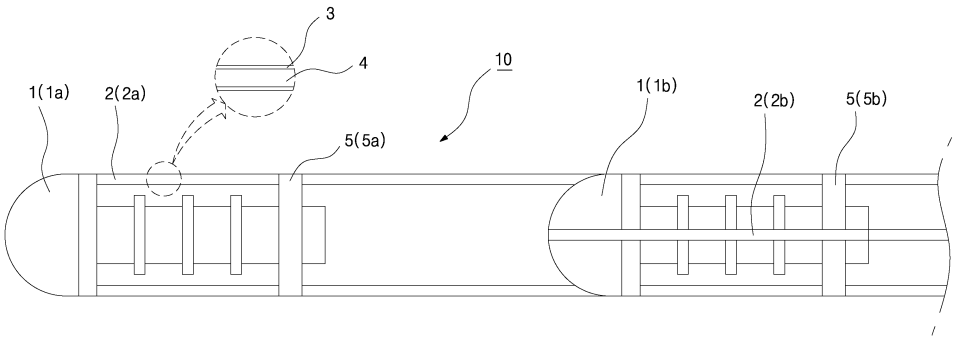
[0104] 도 3은 지반의 투수계수에 따른 "시간-그라우트 평균압밀도"의 관계를 나타낸 그래프이다.

[0105] 도 4는 현장시험 결과를 통해 도출된 단위면적당 주면마찰저항력 그래프이다.

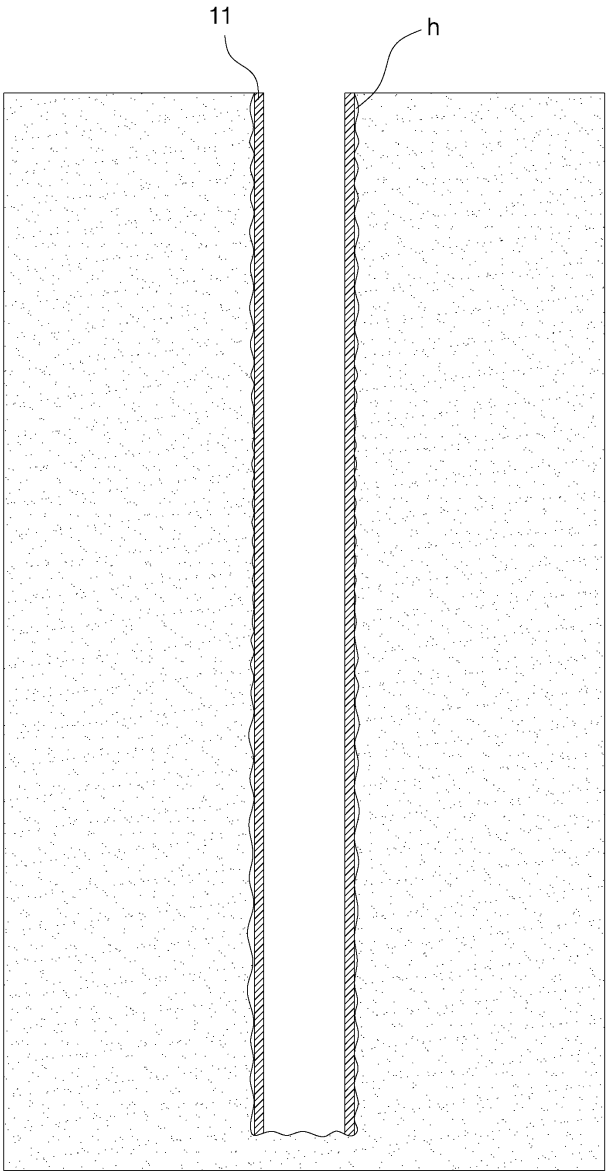
[0106] 도 5는 현장시험 결과를 통해 도출된 군효율 그래프이다.

도면

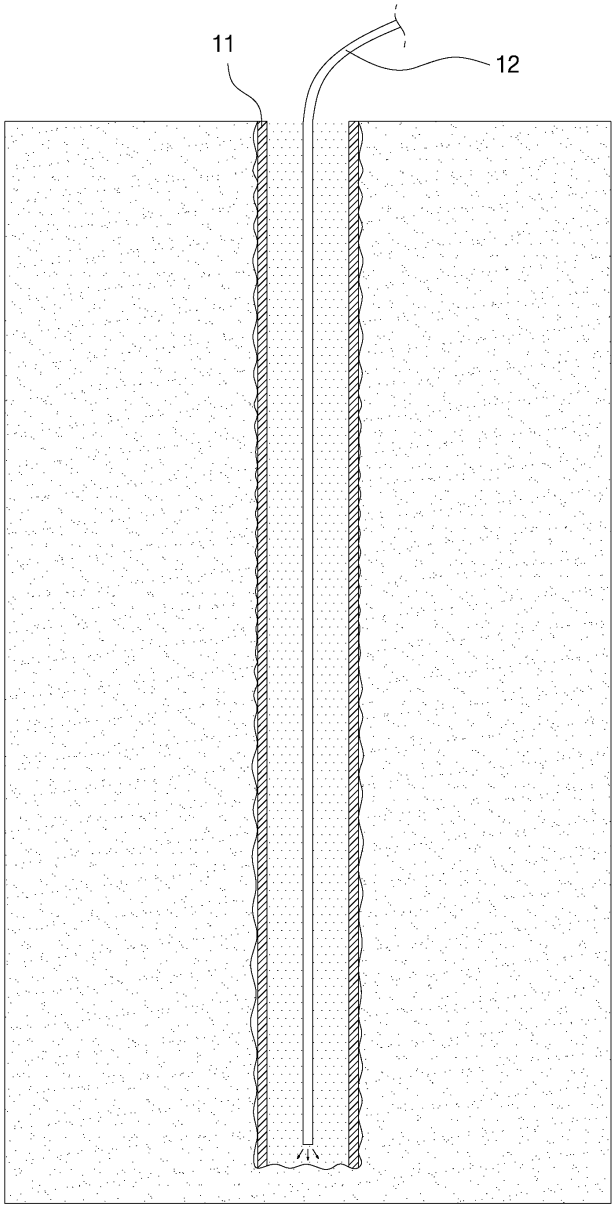
도면1



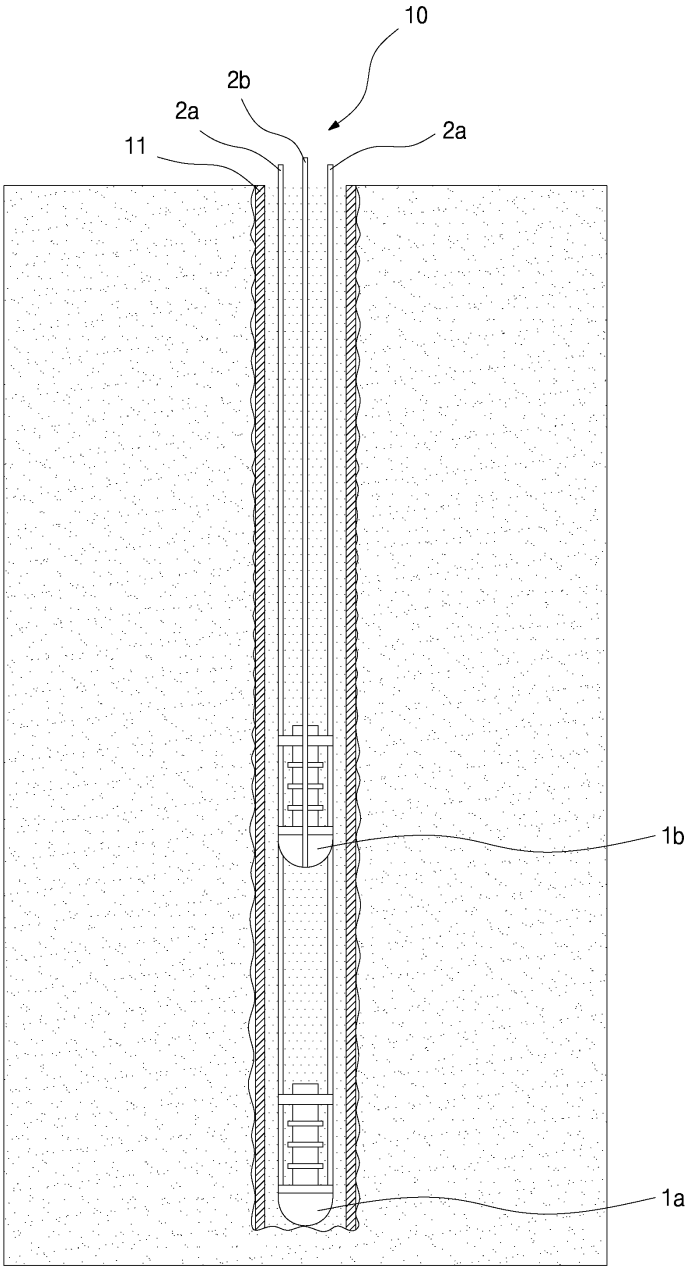
도면2a



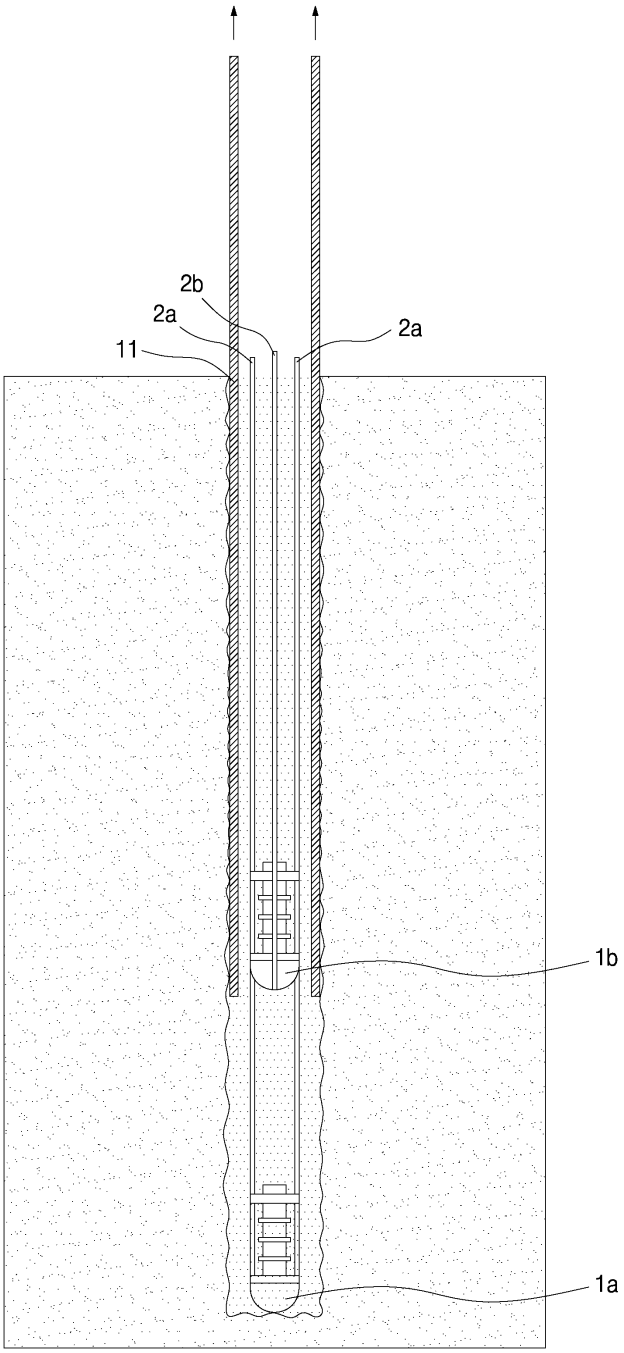
도면2b



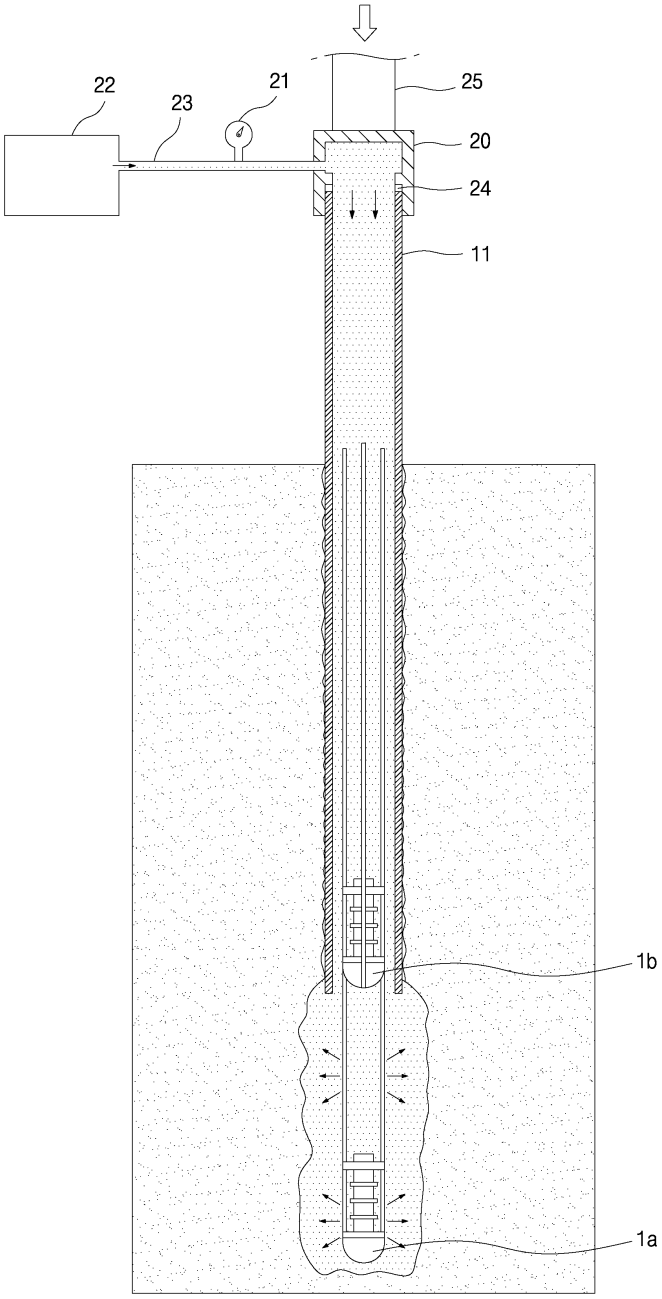
도면2c



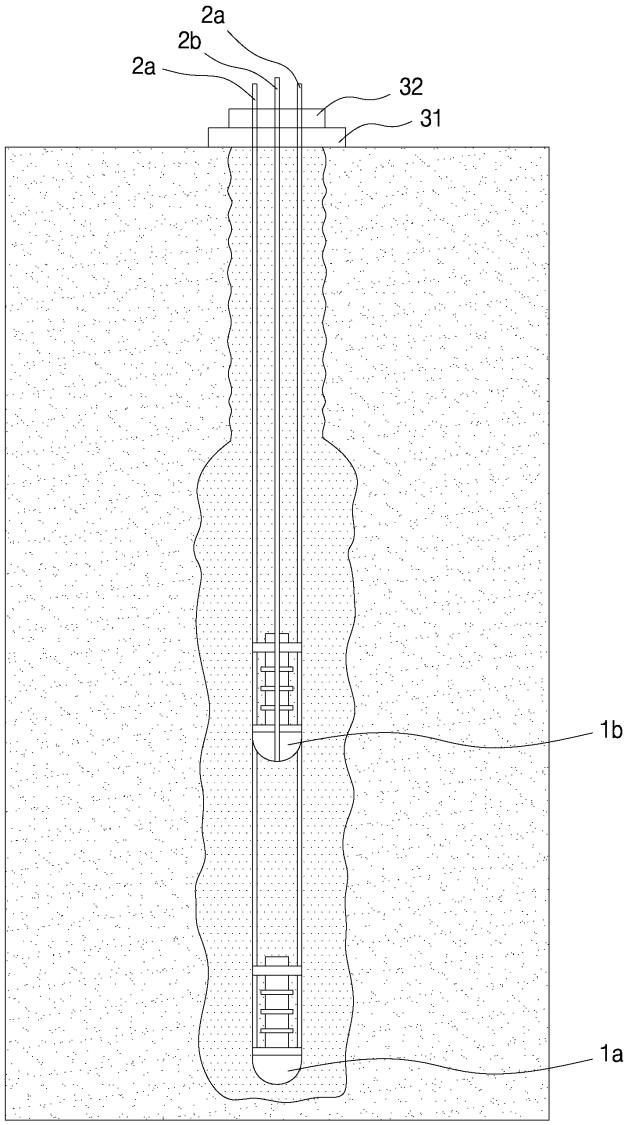
도면2d



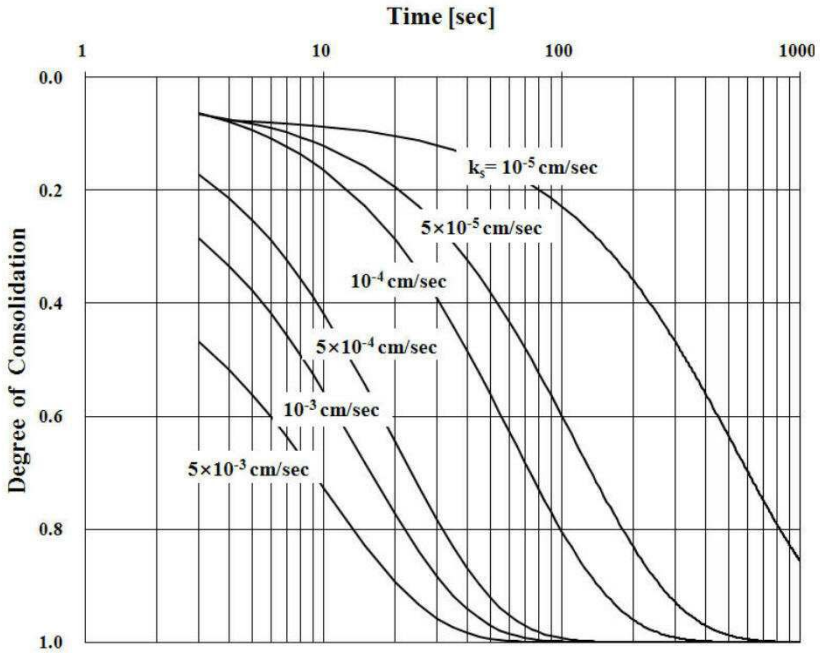
도면2e



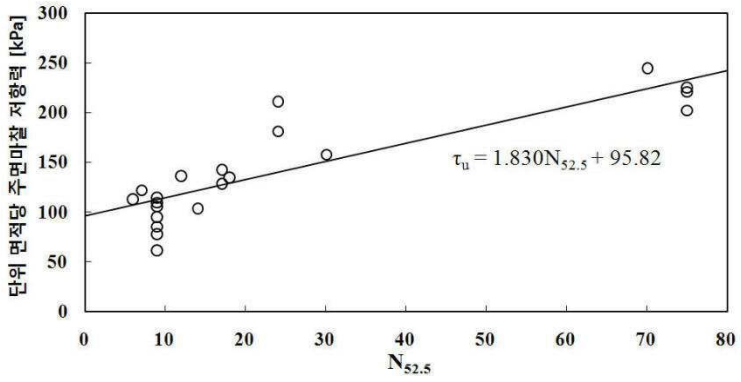
도면2f



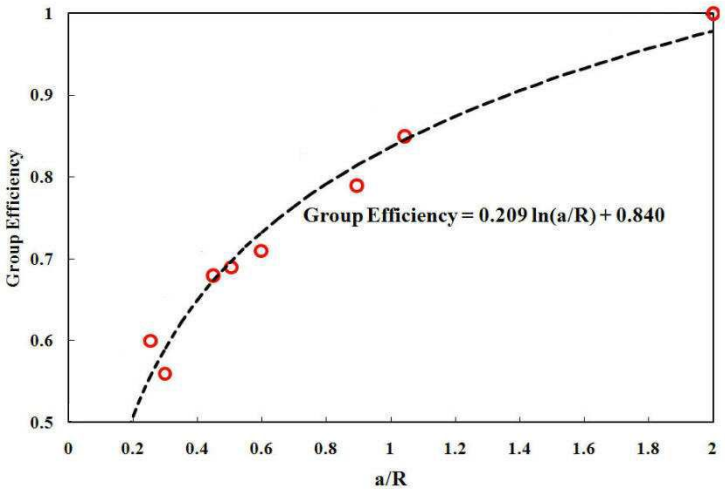
도면3


Time [sec]
1
10
100
1000
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
Degree of Consolidation
$k_s = 10^{-5}$ cm/sec
5×10^{-5} cm/sec
10^{-4} cm/sec
5×10^{-4} cm/sec
10^{-3} cm/sec
5×10^{-3} cm/sec

도면4


단위 면적당 주면마찰 저항력 [kPa]
300
250
200
150
100
50
0
0
10
20
30
40
50
60
70
80
$N_{52.5}$
$\tau_u = 1.830N_{52.5} + 95.82$

도면5


Group Efficiency = 0.209 ln(a/R) + 0.840
Group Efficiency
a/R
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2