(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0084080
(43) 공개일자 2009년08월05일

(51) Int. Cl.
G01N 3/08 (2006.01) *G01N 3/00* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2008-0010043
(22) 출원일자 2008년01월31일
심사청구일자 2008년01월31일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내
(72) 발명자
최항석
서울 노원구 공릉동 신성미소지움 아파트 101동 408호
최한영
서울 영등포구 당산동3가 76번지 대우 로얄 프라임 1231호
(74) 대리인
홍동우

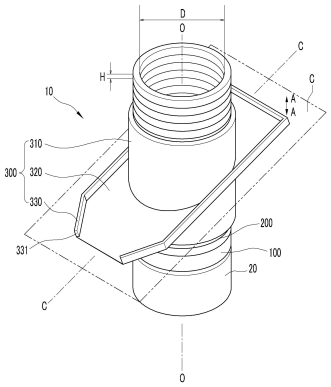
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 저응력 자중 압밀 시험 장치 및 이를 이용한 자중 압밀시험 방법

(57) 요 약

본 발명은, 베이스; 내부에 시료 수용 가능하고, 상기 베이스의 일면 상에 분리 가능하게 적층 배치되는 복수 개의 저응력 자중 압밀셀; 상기 복수 개의 저응력 자중 압밀셀 사이에 배치되는 자중 압밀셀 실러; 상기 저응력 자중 압밀셀의 외주 상에 상기 저응력 자중 압밀셀의 적층 길이 방향을 따라 가동 가능한 시료 가이드 바디 및 상기 시료 가이드 바디의 외주에 경사 배치되는 시료 가이드 플레이트를 구비하는 시료 가이드;를 포함하는 저응력 자중 압밀 시험 장치 및 이를 이용한 자중 압밀 시험 방법을 제공한다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

베이스;

내부에 시료 수용 가능하고, 상기 베이스의 일면 상에 분리 가능하게 적층 배치되는 복수 개의 저응력 자중 압밀셀;

상기 복수 개의 저응력 자중 압밀셀 사이에 배치되는 자중 압밀셀 실러;

상기 저응력 자중 압밀셀의 외주 상에 상기 저응력 자중 압밀셀의 적층 길이 방향을 따라 가동 가능한 시료 가이드 바디 및 상기 시료 가이드 바디의 외주에 경사 배치되는 시료 가이드 플레이트를 구비하는 시료 가이드;를 포함하는 저응력 자중 압밀 시험 장치.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 저응력 자중 압밀셀은 링 타입으로 형성되고, 상기 저응력 자중 압밀셀의 내경 및 상기 저응력 자중 압밀셀의 적층방향에서의 상기 단수 개의 자중 압밀셀의 두께의 비율은 5 내지 20배인 것을 특징으로 하는 저응력 자중 압밀 시험 장치.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 시료 가이드는, 상기 시료 가이드 바디의 외주에 배치되어 상기 시료 가이드 바디를 지지하는 시료 가이드 지지대를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 저응력 자중 압밀 시험 장치.

청구항 4

제 2항에 있어서,

상기 시료 가이드 지지대는:

각각의 일단이 상기 시료 가이드 바디에 회동 가능하게 장착되는 경사 제 1 지지대 및 경사 제 2 지지대와,

상기 경사 제 2 지지대의 단부에 회동 가능하게 장착되는 가동 슬라이더와,

일단은 상기 경사 제 1 지지대의 단부에 회동 가능하게 장착되고, 길이 방향으로 따라 상기 가동 슬라이더의 관통 가동을 허용하는 수평 지지대를 구비하는 것을 특징으로 하는 저응력 자중 압밀 시험 장치.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 저응력 자중 압밀셀에는 상기 저응력 자중 압밀셀의 적층 길이 방향에 평행하게 형성되는 압밀셀 정렬구가 구비되고, 상기 압밀셀 정렬구에 삽입 가능한 바아 바디를 구비하는 압밀 셀 정렬 바아가 더 구비되는 것을 특징으로 하는 저응력 자중 압밀 시험 장치.

청구항 6

베이스; 내부에 시료 수용 가능하고, 상기 베이스의 일면 상에 분리 가능하게 적층 배치되는 복수 개의 저응력 자중 압밀셀; 상기 복수 개의 저응력 자중 압밀셀 사이에 배치되는 자중 압밀셀 실러; 상기 저응력 자중 압밀셀의 외주 상에 상기 저응력 자중 압밀셀의 적층 길이 방향을 따라 가동 가능한 시료 가이드 바디 및 상기 시료 가이드 바디의 외주에 경사 배치되는 시료 가이드 플레이트를 구비하는 시료 가이드; 신호 제어, 처리 및 저장을 위한 제어부, 연산부 및 저장부를 포함하는 저응력 자중 압밀 시험 장치로부터 얻어진 복수 개의 저응력 자중 압밀셀에 대응하는 시료에 대한 함수비를 포함하는 데이터를 상기 제어부, 상기 연산부 및 상기 저장부를 사용하여 데이터 처리하는 데이터 처리 단계와,

상기 제어부가 상기 처리된 데이터로부터 간극비 대 유효 응력 관계도를 산출하는 유효 응력 관계도 산출 단계

와,

시료에 대한 시간계수 데이터를 포함하고 상기 저장부에 저장된 사전 설정 저장 데이터 및 상기 간극비 대 유효 응력 관계도를 사용하여 투수 계수를 산출하는 투수 계수 산출 단계를 구비하는 것을 특징으로 하는 자중 압밀 시험 방법.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 투수 계수 산출 단계는:

상기 간극비 대 유효 응력 관계도에 상응하는 곡선을 도출하기 위한 피팅 계수를 조정하여 커브 피팅을 수행하는 커브 피팅 단계와,

상기 피팅 계수 및 상기 시간계수 데이터를 사용하여 압밀계수를 산출하는 압밀계수 산출 단계와,

상기 산출된 압밀계수를 사용하여 복수 개의 저응력 자중 압밀셀에 대응하는 시료에 대한 투수 계수를 연산하는 투수 계수 연산 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 자중 압밀 시험 방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

<1> 본 발명은 압밀 시험 장치 및 방법에 관한 것으로, 보다 정확하게는 보다 정밀하면서도 원활한 측정을 가능하게 하는 자중 압밀 시험 장치 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

<2> 준설토로 매립된 연약 지반은 침강과 더불어 흙 자체의 무게로 인하여 압축되는 과정인 자중 압밀 과정을 통하여 일정한 지지력을 구비하게 된다. 이와 같은 준설토로 매립되는 연약 지반에 대한 침하량과 압밀 과정에 소요되는 시간 및 흙의 상태 등을 예측하기 위하여 실내 침강 시험을 실시하고 압밀 시험에 필요한 시료를 제작한다. 이와 같은 시료를 사용하여 일정 변형률 압밀 시험(CRS)를 실시할 경우 상당한 응력 상태에서의 흙의 압밀 거동을 파악할 수 있었다. 하지만 이와 같은 일정 변형률 압밀 시험을 통하여 저응력 상태에 대한 압밀 시험을 수행하기는 상당히 어렵다. 종래 기술에 따른 저응력 상태에 대한 토질 시료 시험시 시료 채취는 용이하지 않을 뿐만 아니라 시료에 대한 정확한 데이터 취득이 쉽지 않았다. 더불어, 취합된 시료의 데이터를 통하여 시료인 흙의 특성, 즉 유효 응력과 투수 계수를 산출하는 방법이 복잡하다는 문제점도 수반되었다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<3> 이에, 본 발명은 저응력 상태의 자중 압밀 시험을 이루는 시료 채집이 용이하고 흙에 대한 보다 정확한 데이터 취합을 이룰 수 있는 저응력 자중 압밀 시험 장치 및 이를 이용한 자중 압밀 시험 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제 해결수단

<4> 전술한 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 베이스; 내부에 시료 수용 가능하고, 상기 베이스의 일면 상에 분리 가능하게 적층 배치되는 복수 개의 저응력 자중 압밀셀; 상기 복수 개의 저응력 자중 압밀셀 사이에 배치되는 자중 압밀셀 실러; 상기 저응력 자중 압밀셀의 외주 상에 상기 저응력 자중 압밀셀의 적층 길이 방향을 따라 가동 가능한 시료 가이드 바디 및 상기 시료 가이드 바디의 외주에 경사 배치되는 시료 가이드 플레이트를 구비하는 시료 가이드;를 포함하는 저응력 자중 압밀 시험 장치를 제공한다.

<5> 상기 저응력 자중 압밀 시험 장치에 있어서, 상기 저응력 자중 압밀셀은 링 타입으로 형성되고, 상기 저응력 자중 압밀셀의 내경 및 상기 저응력 자중 압밀셀의 적층방향에서의 상기 단수 개의 자중 압밀셀의 두께의 비율은 5 내지 20배일 수도 있고, 상기 시료 가이드는, 상기 시료 가이드 바디의 외주에 배치되어 상기 시료 가이드 바

디를 지지하는 시료 가이드 지지대를 더 구비할 수도 있다.

<6> 상기 시료 가이드 지지대는: 각각의 일단이 상기 시료 가이드 바디에 회동 가능하게 장착되는 경사 제 1 지지대 및 경사 제 2 지지대와, 상기 경사 제 2 지지대의 단부에 회동 가능하게 장착되는 가동 슬라이더와, 일단은 상기 경사 제 1 지지대의 단부에 회동 가능하게 장착되고, 길이 방향으로 따라 상기 가동 슬라이더의 관통 가동을 허용하는 수평 지지대를 구비할 수도 있다.

<7> 상기 저응력 자중 압밀 시험 장치에 있어서, 상기 저응력 자중 압밀셀에는 상기 저응력 자중 압밀셀의 적층 길이 방향에 평행하게 형성되는 압밀셀 정렬구가 구비되고, 상기 압밀셀 정렬구에 삽입 가능한 바아 바디를 구비하는 압밀 셀 정렬 바아가 더 구비될 수도 있다.

<8> 본 발명의 다른 일면에 따르면, 베이스; 내부에 시료 수용 가능하고, 상기 베이스의 일면 상에 분리 가능하게 적층 배치되는 복수 개의 저응력 자중 압밀셀; 상기 복수 개의 저응력 자중 압밀셀 사이에 배치되는 자중 압밀셀 실러; 상기 저응력 자중 압밀셀의 외주 상에 상기 저응력 자중 압밀셀의 적층 길이 방향을 따라 가동 가능한 시료 가이드 바디 및 상기 시료 가이드 바디의 외주에 경사 배치되는 시료 가이드 플레이트를 구비하는 시료 가이드; 신호 제어, 처리 및 저장을 위한 제어부, 연산부 및 저장부를 포함하는 저응력 자중 압밀 시험 장치로부터 얻어진 복수 개의 저응력 자중 압밀셀에 대응하는 시료에 대한 함수비를 포함하는 데이터를 상기 제어부, 상기 연산부 및 상기 저장부를 사용하여 데이터 처리하는 데이터 처리 단계와, 상기 제어부가 상기 처리된 데이터로부터 간극비 대 유효 응력 관계도를 산출하는 유효 응력 관계도 산출 단계와, 시료에 대한 시간계수 데이터를 포함하고 상기 저장부에 저장된 사전 설정 저장 데이터 및 상기 간극비 대 유효 응력 관계도를 사용하여 투수 계수를 산출하는 투수 계수 산출 단계를 구비하는 것을 특징으로 하는 자중 압밀 시험 방법을 제공한다.

<9> 상기 자중 압밀 시험 방법에 있어서, 상기 투수 계수 산출 단계는: 상기 간극비 대 유효 응력 관계도에 상응하는 곡선을 도출하기 위한 피팅 계수를 조정하여 커브 피팅을 수행하는 커브 피팅 단계와, 상기 피팅 계수 및 상기 시간계수 데이터를 사용하여 압밀계수를 산출하는 압밀계수 산출 단계와, 상기 산출된 압밀계수를 사용하여 복수 개의 저응력 자중 압밀셀에 대응하는 시료에 대한 투수 계수를 연산하는 투수 계수 연산 단계를 포함할 수도 있다.

효 과

<10> 상기한 바와 같은 구성을 갖는 본 발명에 따른 저응력 자중 압밀 시험 장치 및 이를 이용한 자중 압밀 시험 방법은 다음과 같은 효과를 갖는다.

<11> 첫째, 본 발명에 따른 저응력 자중 압밀 시험 장치 및 이를 이용한 자중 압밀 시험 방법은, 보다 원활한 높이(깊이) 별 시료 취득이 가능하여 보다 정확한 시료 특성을 도출할 수 있다.

<12> 둘째, 본 발명에 따른 저응력 자중 압밀 시험 장치 및 이를 이용한 자중 압밀 시험 방법은, 시료 가이드를 사용하여 시험자가 보다 원활하게 시료 취득할 수도 있다.

<13> 셋째, 본 발명에 따른 저응력 자중 압밀 시험 장치 및 이를 이용한 자중 압밀 시험 방법은, 시료 가이드의 지지대를 통하여 단독의 시험자로도 작업이 원활하게 진행될 수도 있다.

<14> 넷째, 본 발명에 따른 저응력 자중 압밀 시험 장치 및 이를 이용한 자중 압밀 시험 방법은, 취득된 시료에 대한 데이터를 사용하여 보다 간단하면서도 신속하게 시료 특성의 도출이 가능하다.

<15> 본 발명은 도면에 도시된 일실시예들을 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허 청구 범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<16> 이하에서는 저응력 자중 압밀 시험 장치 및 이를 이용한 자중 압밀 시험 방법에 대하여 도면을 참조하여 설명하기로 한다.

<17> 도 1에는 본 발명의 일실시예에 따른 저응력 자중 압밀 시험 장치(10)에 대한 개략적인 사시도가 도시되고, 도 2에는 본 발명의 일실시예에 따른 저응력 자중 압밀 시험 장치(10)의 복수 개의 저응력 자중 압밀셀(200)의 배치 상태를 나타내는 개략적인 단면도가 도시된다.

<18> 본 발명의 일실시예에 따른 저응력 자중 압밀 시험 장치(10)는 베이스(100), 복수 개의 저응력 자중 압밀셀

(200), 자중 압밀셀 실러(210) 및 시료 가이드(300)를 포함하는데, 복수 개의 저응력 자중 압밀셀(200)은 베이스(100)의 상부에 적층 배치되고 자중 압밀셀(200) 사이에는 자중 압밀셀 실러(210)가 배치되며, 시료 가이드(300)는 적층된 자중 압밀셀(200)의 적층된 길이 방향을 따라 가동 가능하게 배치된다.

<19> 베이스(100)는 본 실시예에서 기단(20) 상에 배치되는데, 경우에 따라 베이스(100)는 가압 장치의 베이스로 구성될 수도 있는 등 평행 상태를 유지하는 범위에서 다양한 구성이 가능하다. 베이스(100)의 일면 상에는 하기되는 바와 같이 복수 개의 저응력 자중 압밀셀(200)이 배치되는데, 저응력 자중 압밀셀(200)의 내부에 배치되는 시료의 누설을 방지하기 위하여 베이스(100)는 하부 측으로 기밀 상태를 유지하는 구성을 취한다. 경우에 따라 베이스(100)는 하면이 밀폐된 CRS 링으로 구현될 수도 있다. 또한, 경우에 따라서는 베이스(100)에 교반기가 구비되어 시료를 보다 수월하게 교반시키는 구성을 취할 수도 있다.

<20> 복수 개의 저응력 자중 압밀셀(200)은 베이스(100)의 일면 상에 배치되는데, 복수 개의 저응력 자중 압밀셀(200)은 베이스(100)의 일면 상에 분리 가능하게 적층 배치되는 구조를 취한다. 저응력 자중 압밀셀(200)은 링 타입으로 형성되는데, 복수 개의 저응력 자중 압밀셀(200)은 베이스(100)의 일면 상에 적층되어 내부 공간을 형성한다. 복수 개의 저응력 자중 압밀셀(200)에 의하여 형성된 내부 공간에는 시료가 배치되어 시료의 자중에 의한 압밀 시험이 수행된다. 도 1에서 저응력 자중 압밀셀(200)은 다수 개가 구비되는데, 저응력 자중 압밀셀(200)의 개수는 시험 조건에 따라 다양하게 선택될 수 있다. 저응력 자중 압밀셀(200)은 링 구조를 취하는데, 저응력 자중 압밀셀(200)은 내경 및 두께의 비율은 5 내지 20배로 형성하는 것이 바람직하다. 즉, 도 1에 도시된 바와 같이 저응력 자중 압밀셀(200)은 도면 부호 D로 지시되는 내경과 도면 부호 H로 지시되는 두께를 구비하는데, 본 실시예에서 저응력 자중 압밀셀(200)의 내경은 10cm 내지 20cm의 값을 그리고 두께는 1cm 내지 2cm의 값을 가진다. 여기서, 저응력 자중 압밀셀(200)의 내경 대 두께의 비가 5 미만의 값을 지니는 경우 저응력 자중 압밀셀(200)의 두께의 비율이 과도하여 시료의 지면에 수직한 높이에 따른 면밀한 데이터 취득이 어려고 저응력 자중 압밀셀(200)의 내경 대 두께의 비가 20을 초과하는 값을 지니는 경우 저응력 자중 압밀셀(200)의 두께의 비율이 과소하여 적층 배치되는 저응력 자중 압밀셀(200)이 충분한 자중으로 저응력 자중 압밀셀(200)의 사이에 배치되는 자중 압밀셀 실러를 가압하기 어려워 저응력 자중 압밀셀(200)의 사이 공간을 통하여 시료에 함유된 물의 누수가 발생할 가능성이 있으므로, 저응력 자중 압밀셀(200)의 내경 대 두께의 비는 5 내지 20배를 가지는 것이 바람직하다.

<21> 본 실시예에서 각각의 저응력 자중 압밀셀(200)은 황동 링으로 구현되는데, 이는 일예일뿐 저응력 자중 압밀셀(200)의 재료는 다양하게 선택될 수 있다. 다만, 적층 배치되는 자중 압밀셀(200) 사이의 누수를 방지할 수 있도록 충분한 자중을 구비하는 재료가 선택되는 것이 바람직하다.

<22> 도 2에는 적층 배치되는 저응력 자중 압밀셀(200)에 대한 개략적인 단면도 및 부분 확대 단면도가 도시되는데, 적층 배치되는 저응력 자중 압밀셀(200)의 사이에는 자중 압밀셀 실러(210)가 배치된다. 자중 압밀셀 실러(210)는 도 2에 도시된 바와 같이 적층 배치된 저응력 자중 압밀셀(200)의 사이에 배치되어 자중 압밀셀(200)들의 서로 마주하는 면 사이에 배치된다. 저응력 자중 압밀셀(200)의 자중에 의하여 자중 압밀셀 실러(210)에는 압축력(Wr)이 작용한다. 복수 개의 적층된 저응력 자중 압밀셀(200)이 형성하는 내부 공간에는 시료(1)가 배치되고 시료(1)에는 수분이 포함되어 시료(1) 및/또는 시료(1)에 포함된 수분에 의하여 적층된 저응력 자중 압밀셀(200)의 사이로 P의 힘이 작용한다. 자중 압밀셀 실러(210)는 각각의 저응력 자중 압밀셀(200)의 서로 마주하는 면(203)과 접촉상태를 유지하는데, 저응력 자중 압밀셀(200)의 자중에 의하여 자중 압밀셀 실러(210)에는 압축력으로서의 Wr이 작용하고 이는 자중 압밀셀 실러(210)에 시료(1)에 의한 작용력 P를 저지하는 반력(R)으로서 충분히 작동한다. 따라서, 시료(1)의 수분이 저응력 자중 압밀셀(200)의 사이를 통한 누수가 방지된다. 본 실시예에서 자중 압밀셀 실러(210)는 진공 구리스(vacuum grease)로 구현되었으나 적층 배치된 저응력 자중 압밀셀(200)의 분리는 허용하되 이들 사이 공간을 통한 수분 누수를 방지하는 범위에서 다양한 재료의 자중 압밀셀 실러가 선택될 수 있다.

<23> 한편, 본 발명에 따른 저응력 자중 압밀 시험 장치(10)는 시료 가이드(300)를 구비하는데, 시료 가이드(300)는 자중 압밀이 완료된 후 각각의 분리되는 저응력 자중 압밀셀(200)의 내부에 배치되었던 시료의 취합을 보다 용이하게 할 수 있다. 시료 가이드(300)는 시료 가이드 바디(310)와 시료 가이드 플레이트(320)를 포함하는데, 시료 가이드 바디(310)는 저응력 자중 압밀셀(200)의 외주 상에 배치된다. 즉, 시료 가이드 바디(310)는 원통형 형상을 구비하는데, 원통형 형상의 시료 가이드 바디(310)의 내부는 관통되는 구조를 취한다. 시료 가이드 바디(310)의 내경은 저응력 자중 압밀셀(200)의 외경 이상의 값을 구비함으로써, 시료 가이드 바디(310)는 적층 배치되는 복수 개의 저응력 자중 압밀셀(200)의 적층 길이 방향(A-A)으로 가동 가능한데, 시료 가이드 바디(310)의 내경과 저응력 자중 압밀셀(200)의 외경 사이의 간극이 과도할 경우 간극 사이로 시료의 누설이 발생할

수도 있으므로 시료 가이드 바디(310)의 내경과 저응력 자중 압밀셀(200)의 외경의 크기는 적절하게 선택되는 것이 바람직하다.

<24> 시료 가이드 플레이트(320)는 시료 가이드 바디(310)의 외주에 배치되는데, 시료 가이드 플레이트(320)는 시료 가이드 바디(310)의 외주에 경사 배치된다. 즉, 도 1에 도시된 바와 같이, 시료 가이드 플레이트(320)는 시료 가이드 바디(310)의 외주에 연장 배치되되 시료 가이드 플레이트(320)가 형성하는 평면(C)은 시료 가이드 바디(310)의 길이 방향, 달리 표현하면 저응력 자중 압밀셀(200)의 적층 길이 방향(O-O)에 대하여 경사 배치되는 구조를 취한다. 따라서, 저응력 자중 압밀셀(200)이 적층된 구조에서 분리되는 경우 분리된 저응력 자중 압밀셀(200)의 내부에 배치되었던 시료가 시료 가이드 플레이트(320)를 따라 자중에 의하여 원활하게 취합될 수 있다. 또한, 취합되는 시료가 경사진 시료 가이드 플레이트(320)를 따라 내려오는 경우 외측으로 이탈되는 것을 방지하기 위한 구성요소가 더 구비될 수도 있다. 즉, 도 1에 도시된 바와 같이, 시료 가이드 플레이트(320)는 플레이트 연장부(330)가 구비되는데, 플레이트 연장부(330)는 시료 가이드 플레이트(320)의 외측면으로부터 상부를 향하여 연장 형성된다. 플레이트 연장부(330)의 하측에는 연장부 관통구(331)가 형성되는데, 연장부 관통구(33)는 시료 가이드 플레이트(320)를 따라 이동하는 시료를 취득할 수 있는 개방구를 형성한다.

<25> 따라서, 시료 가이드 플레이트(320)의 일면을 따라 시료가 이동하는 경우 외측면으로 배출되는 것을 방지할 수 있다. 이와 같이 취득된 각 높이별 토질 시료의 함수비를 측정하여 데이터 처리를 통한 시료의 간극비-유효 응력 및/또는 간극비-투수 계수 등의 시료 특성을 취득할 수 있다.

<26> 한편, 본 발명에 따른 저응력 자중 압밀 시험 장치는 시료 취합시 시료 가이드를 지지할 수 있는 시료 가이드 지지대(400)를 더 구비할 수도 있다. 시료 가이드 지지대(400)는 시료 가이드 바디(310)의 외주에 배치되는데, 도 3에는 시료 가이드 지지대(400)를 구비하는 시료 가이드에 대한 변형예가 도시된다. 도 3에서 시료 가이드 지지대(400)는 한 개가 구비되는 것으로 도시되었으나 한 쌍이 서로 대응 배치되는 구조를 취한다. 본 실시예에서 시료 가이드 지지대(400)는 경사 제 1 지지대(410)와 경사 제 2 지지대(420), 가동 슬라이더(430) 및 수평 지지대(440)를 구비하는데, 경사 제 1 지지대(410) 및 경사 제 2 지지대(420)는 각각의 일단이 시료 가이드 바디(310)에 회동 힌지(411,421)을 통하여 회동 가능하게 장착된다. 경사 제 2 지지대(420)의 단부로 시료 가이드 바디(310)에 회동 가능하게 장착된 단부의 타단에는 가동 슬라이더(430)가 배치되는데, 가동 슬라이더(430)는 가동 슬라이더(430)의 길이 방향을 따라 형성된 관통구(미도시)를 구비한다. 수평 지지대(440)는 경사 제 1 지지대(410)의 타단과 회동 가능하게 링크 연결되는데, 수평 지지대(440)는 가동 슬라이더(430)의 관통구를 관통함으로써 가동 슬라이더(430)가 수평 지지대(440)의 길이 방향을 따라 가동 가능하다. 수평 지지대(440)의 외주 상에는 가동 슬라이더(430)에 의한 수평 균형을 유지하기 위하여 수평 블록(441)이 더 구비될 수도 있는데, 수평 블록(441)은 탄성 재질로 구성되는 것이 바람직하다. 가동 슬라이더(430)는 수평 지지대(440)의 길이 방향을 따라 가동 가능한데 가동 슬라이더(430)에는 가동 슬라이더(430)의 위치 고정을 위한 구성요소가 더 구비된다. 여기서 명확하게 도시되지는 않았으나 가동 슬라이더(430)는 가동 슬라이더(430)의 위치 고정을 위한 고정핀이 구비되고 수평 지지대(440)에는 고정핀을 수용하는 고정핀 수용구가 구비될 수도 있는 등 다양한 변형이 가능하다. 가동 슬라이더(430)의 γ 방향으로의 가동이 이루어지는 경우 경사 제 1 지지대(410) 및 경사 제 2 지지대(420)는 각각 도면 부호 α,β로 표현되는 방향으로 각운동 가능하다. 따라서, 가동 슬라이더(430)의 위치 고정 및 해제를 통하여 시료 가이드(300)의 수직 높이를 조절할 수 있다.

<27> 또 한편, 본 발명에 따른 저응력 자중 압밀 시험 장치는 저응력 자중 압밀셀의 정렬을 유지하기 위한 구성을 더 구비할 수도 있다. 즉, 도 4에 도시된 바와 같이 저응력 자중 압밀셀(200a)은 복수 개가 적층되는 구조를 취하는데, 저응력 자중 압밀셀(200a)은 압밀셀 정렬구(205a)를 구비하고 압밀셀 정렬구(205a)에는 압밀셀 정렬 바아(220)가 삽입 배치될 수 있다. 압밀 셀 정렬 바아(220)는 바아 바디(221)와 바아 스톱퍼(223)를 구비하는데, 바아 바디(221)는 복수 개의 저응력 자중 압밀셀(200a)이 층 배치된 후 압밀셀 정렬구(205a)를 관통하도록 배치되고, 바아 스톱퍼(223)는 최상단의 저응력 자중 압밀셀(200a)의 압밀셀 정렬구(205a)의 외면에 맞닿아 바아 바디(221)의 과도한 인입을 제한 할 수도 있다. 이와 같은 구조를 통하여 저응력 자중 압밀셀(200a)의 내부에 시료가 수용되는 경우 발생 가능한 원치 않는 외력에 의하여 저응력 자중 압밀셀(200a)이 정렬이 저해되는 것을 방지할 수도 있다. 자중 압밀 시험이 완료된 후 시료 취득시 압밀셀 정렬 바아(220)는 제거된다.

<28> 이하에서는 본 발명의 일실시예에 따른 저응력 자중 압밀 시험 장치(10)를 사용하여 실행되는 자중 압밀 시험 방법에 대하여 과정을 중심으로 설명한다. 여기서, 저응력 자중 압밀 시험 장치(10)는 제어부(미도시), 연산부(미도시) 및 저장부(미도시)를 더 구비하는데, 이들은 데이터 연산 및 저장 등의 처리를 위한 구성요소이다.

<29> 먼저, 복수 개의 저응력 자중 압밀셀(200)은 베이스(100) 상에 적층되는데, 베이스(100)는 밀폐 구조를 취하여

하면으로 시료 등의 누수 발생을 방지하고 복수 개의 저응력 자중 압밀셀(200) 사이에는 진공 구리스 등의 자중 압밀셀 실러를 배치하여 시료의 수두에 의한 측면 누수는 방지될 수 있다. 그런 후, 시료는 사전 설정된 균일한 함수비를 가지도록 교반되고, 복수 개의 저응력 자중 압밀셀(200)에 의하여 형성되는 내부 공간에 교반된 시료가 투입된다.

<30> 투입된 시료는 시간이 경과함에 따라 자중 압밀이 발생하는데, 시간 경과에 따른 시료의 계면고를 측정한다. 자중 압밀이 시작되는 시점에서의 시료(흙)의 초기 간극비(e00)를 측정한다. 자중 압밀이 완료되는 경우, 본 발명의 일실시예에 따른 저응력 자중 압밀 시험 장치(10)의 저응력 자중 압밀셀(200)의 일면 배수 구조에 의하여 물은 상단의 저응력 자중 압밀셀(200)의 일면 상에 배치되는데, 시험자는 스포이드 등의 수단을 사용하여 저응력 자중 압밀 시험 장치(10)로부터 제거한다. 그런 후, 시험자는 적층된 각각의 자중 압밀셀(200)을 높이 별로 분리시켜 시료를 취득하는데, 시료 채취시 시료 가이드(300)를 적층된 자중 압밀셀(200)의 길이 방향으로 가동시킨다. 따라서, 각 높이별 자중 압밀셀(200)이 제거되고 이때 각각의 자중 압밀셀(200)에 수용된 시료는 시료 가이드(300)의 시료 가이드 플레이트(320)를 따라 원활하게 취득된다. 취득된 시료로부터 함수비를 포함하는 시료에 대한 데이터를 도출하는데(S100), 데이터 중 함수비(w)는 다음과 같이 산출될 수 있다.

$$w = \frac{W_w}{W_s}$$

<31>

<32> 여기서, Ww는 시료에 대한 흙 속 물의 무게를, 그리고 Ws는 시료에 대한 흙 입자의 무게를 나타낸다. 도 7에는 본 발명의 일실시예에 따른 자중 압밀 시험 방법에 의하여 취득된 시료의 위치(높이)에 따른 함수비가 도시된다. 함수비를 사용하여 시료 각각의 저응력 자중 압밀셀(200)에 대한 간극비를 구하는데, 간극비는 다음과 같은 식을 사용하여 연산할 수 있다.

$$e = \frac{G_s \times w}{S}$$

<33>

<34> 여기서, Gs는 시료인 흙의 비중을, S는 포화도를 , 그리고 e는 시료인 흙과 공극의 부피비인 간극비를 나타낸다. 이와 같은 함수비를 포함하는 데이터가 연산 내지 저장 등의 과정을 통하여 처리된 후 제어부는 연산부로 하여금 시료에 대하여 처리된 데이터를 사용하여 간극비 대 유효 응력 관계도를 산출하는 유효 응력 관계도 산출 단계를 수행한다(S200). 즉, 연산부는 간극비가 산출된 후, 시료의 유효 응력은 다음 식에 의한 연산 과정을 통하여 산출될 수 있다.

$$\sigma' = \frac{G_s - 1}{1 + e} \Delta z$$

<35>

<36> 여기서, σ'는 시료인 흙이 지지할 수 있는 응력인 유효 응력(KPa)를, Δz는 시료 높이(깊이)(m)를 나타낸다. 이와 같은 관계식을 통하여 산출된 간극비에 대한 유효 응력은 저장부에 저장되는데, 저장되는 값들은 간극비에 대한 유효 응력의 관계는 도 8과 같은 간극비 대 유효 응력 관계도로 표시될 수 있다.

<37> 그런 후, 제어부는 연산부로 하여금 저장된 데이터 및 연산 관계식, 즉 시료에 대한 시간계수 데이터를 포함하고 저장부에 저장된 사전 설정 저장 데이터 및 간극비 대 유효 응력 관계도를 사용하여 투수 계수를 산출하는 투수 계수 산출 단계를 수행한다(S300). 투수 계수 산출 단계(S300)는 도 6에 도시된 바와 같이 커브 피팅 단계(S310)와 압밀 계수 산출 단계(S320) 및 투수 계수 연산 단계(S330)를 포함하는데, 연산부는 제어부의 제어신호에 따라 다음 연산 식을 사용하여 커브 피팅 단계를 수행한다(S310).

$$e = (e_{00} - e_{\infty}) \exp(-\lambda \sigma') + e_{00}$$

<38>

<39> 여기서, e∞은 자중 압밀 시험완료 후 최하부 시료의 간극비를 나타내는데, 상기 식에서 λ를 조정하여 도 8의 간극비 대 유효 응력 관계도에 일치하는 매칭 곡선을 찾는다(도 9 참조).

<40> 그런 후, 제어부는 저장부에 저장된 데이터 및 처리된 데이터를 사용하여 압밀 계수를 산출한다(S320). 먼저, 도 8의 간극비 대 유효 응력 관계도와 상기 식에 따른 곡선이 사전 설정된 오차 내에서 존재할 때의 λ를 사용하여 시간 계수를 산출하기 위한 계수인 N를 산출한다.

$$N = \lambda H (\gamma_s - \gamma_w)$$

<41>

<42> 여기서, l은 시료에서의 흙 입자만의 높이를 나타내고, γs는 시료인 흙의 단위 중량을, 그리고 γw는 물의 중량을 나타낸다. 저장부에는 N에 따른 압밀도 대 시간 계수의 관계(도 10)가 사전 설정 저장되는데, 제어부는 저장부에 저장된 압밀도 대 무차원 시간 계수의 관계와 산출된 N을 사용하여 무차원 시간 계수(Tfs)를 선택한다. 도 10에는 N이 2인 경우에 대한 무차원 시간 계수(Tfs) 산출 과정이 도시되는데, 도 10에서 수평축은 무차원 시간 계수를 그리고 수직축은 압밀도를 나타낸다. 이때, 압밀도는 평균적 값으로서의 50%의 상태인 0.5의 값을 취하는데, 각각의 N에 대응하는 곡선과의 교차점으로부터 무차원 시간 계수를 취득할 수 있다. 또한, 도 11에 도시된 바와 같이 상기 초기 과정에서 시간에 따라 측정된 계면고와 함수비 등을 사용하여 얻어지는 시간에 따른 침하량 곡선은 저장부에 저장되는데 이로 시료 변형이 최종 변형량의 50%에 도달하였을 때의 시간(t_{50})을 취득할 수 있다.

<43> 제어부는 취득된 무차원 시간 계수를 사용하여 연산부로 하여금 다음 식에 따라 압밀 계수를 산출하도록 한다.

<44>
$$g = \frac{T_{fs} l^2}{t_{50}}$$

<45> 여기서, g는 압밀 계수(m^2/min)를 나타낸다.

<46> 산출된 압밀 계수(g)를 사용하여, 제어부는 연산부로 하여금 다음 식에 따라 투수 계수를 연산 한다(S330).

<47>
$$k = - \frac{\left(\frac{g}{\gamma_w (1 + e_{50})} \right)}{\left(\frac{d\sigma'}{de} \right)}$$

<48> 여기서, e50은 시료의 변형이 최종 변형량의 50%에 도달하였을 때의 평균 간극비를 나타내고, $\frac{d\sigma'}{de}$ 는 간극비 대 유효 응력 관계도에서 e50에서의 기울기를 나타낸다.

<49> 이와 같은 시험 방법을 통하여 시료에 대한 간극비 대 유효 응력 관계 및 투수 계수를 알 수 있는데, 간극비 대 유효 응력 관계로부터 시료인 흙의 깊이(높이) 및 간극비에 따른 매립 지반의 지지력을 알 수 있고 투수 계수로부터 흙의 압밀 상태를 통하여 매립지의 지반 침하량 및 침하 시간을 알 수 있다.

<50> 본 발명의 자중 압밀 시험 방법은 저응력(1.0KPa 이하) 환경 하에서 실시된 것으로 통상적인 CRS 압밀시험을 통하여 높은 응력 상태(10KPa 이상)에서의 간극비-유효응력 관계 및 투수 계수 관계를 얻을 수 있다. 이를 선도로 표현하면 도 11 및 도 12와 같이 표현되는데, 도 11 및 도 12에는 각각 전체 응력 범위에서의 간극비 대 유효응력 관계와 간극비 대 투수 계수의 관계가 도시된다. 저응력 환경 하에서의 간극비 대 유효 응력 관계와 투수 계수를 함께 사용하여 전체 응력 단계에서의 압밀 특성, 즉 매립 초기 자중에 의한 압밀과 매립 완료 후 부지 개발을 위한 성토 하중에 의하여 추가된 압밀 단계에서의 응력에 의한 압밀 특성을 파악할 수 있다.

<51> 상기 실시예들은 본 발명을 설명하기 위한 일예들로, 본 발명이 이에 국한되는 것은 아니다. 조명 특징은 선택적으로 고려되는 위치 인식 방법을 취할 수도 있는 등, 이동 로봇 장치의 위치 인식을 이루는 과정에서 도어 특징을 포함하는 특징을 추출하고 이를 사용하여 위치 인식을 이루는 범위에서 다양한 변형이 가능하다.

도면의 간단한 설명

<52> 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 저응력 자중 압밀 시험 장치의 개략적인 사시도이다.

<53> 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 저응력 자중 압밀 시험 장치의 저응력 자중 압밀셀에 대한 개략적인 단면도 및 부분 확대도이다.

<54> 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 저응력 자중 압밀 시험 장치의 시료 가이드에 대한 변형예를 나타내는 개략적인 측면도이다.

<55> 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 저응력 자중 압밀 시험 장치의 시료 가이드에 대한 변형예를 나타내는 개략적인 사시도이다.

<56> 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 저응력 자중 압밀 시험 장치를 이용한 자중 압밀 시험 방법에 대한 개략적인 흐름도이다.

<57> 도 6은 단계 300에 대한 보다 구체적인 흐름도이다.

<58> 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 저응력 자중 압밀 시험 장치에 의하여 취득된 시료의 높이(깊이)에 대한 함수비를 나타내는 선도이다.

<59> 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 저응력 자중 압밀 시험 장치에 의하여 취득된 시료에 대한 간극비 대 유효 응력 관계도이다.

<60> 도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 저응력 자중 압밀 시험 장치에 의하여 취득된 시료에 대한 간극비 대 유효 응력 관계도 및 제어부, 연산부를 통하여 이루어진 커브 피팅에 의한 곡선을 동시에 표기한 선도이다.

<61> 도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 저응력 자중 압밀 시험 장치의 저장부에 저장된 N에 따른 압밀도 대 무차원 시간 계수를 나타내는 선도이다.

<62> 도 11은 시료에 대한 시간-침하량 관계를 나타내는 선도이다.

<63> 도 12 및 도 13은 전체 응력 범위에 대한 간극비-유효 응력 관계 및 간극비-투수 계수 관계를 나타내는 개략적인 선도이다.

<64> *도면의 주요부분에 대한 부호의 설명*

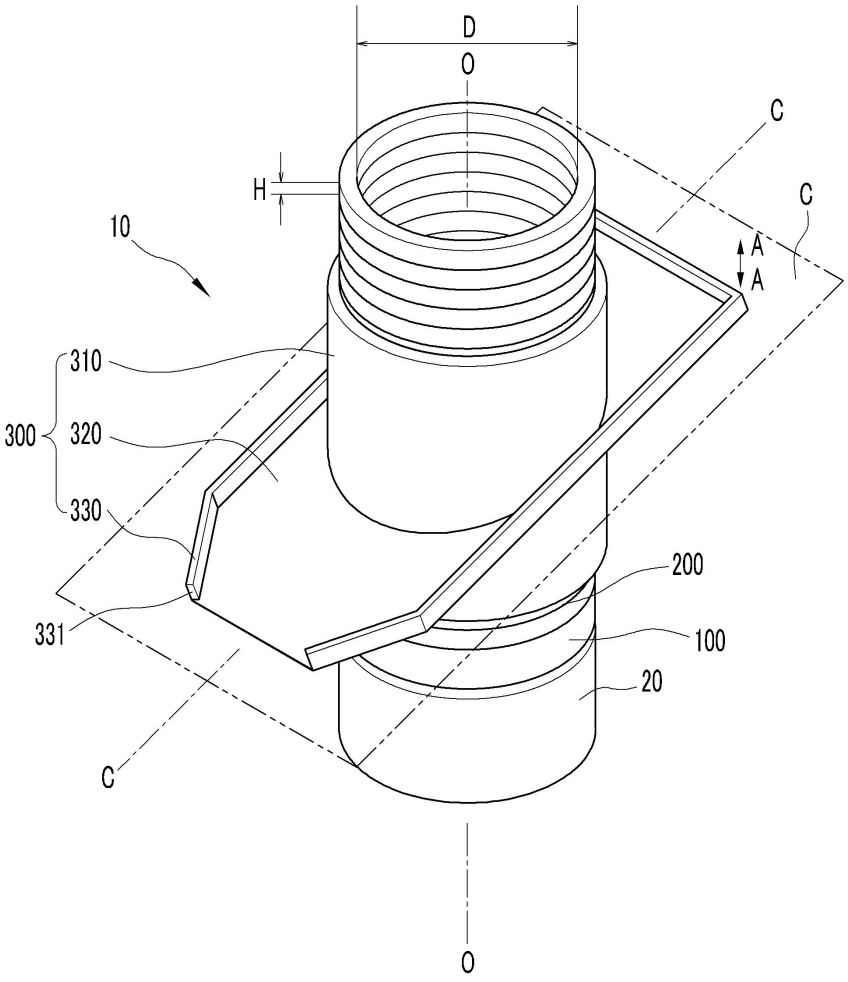
<65> 10...저응력 자중 압밀 시험 장치 100...베이스

<66> 200...저응력 자중 압밀셀 300...시료 가이드

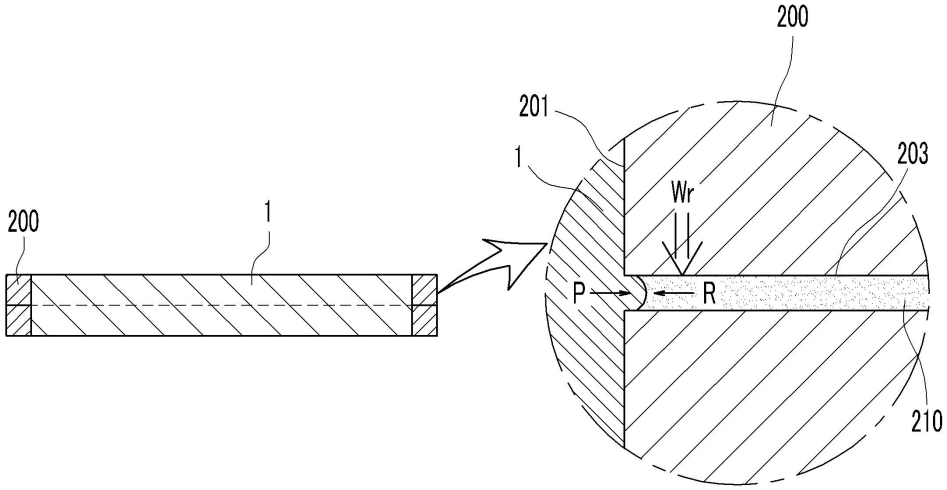
<67> 400...시료 가이드 지지부

도면

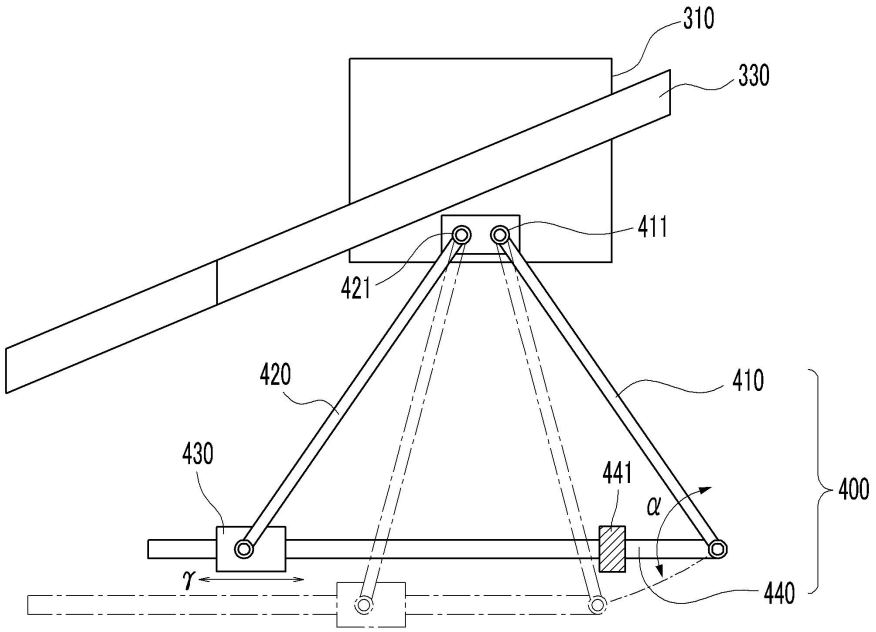
도면1



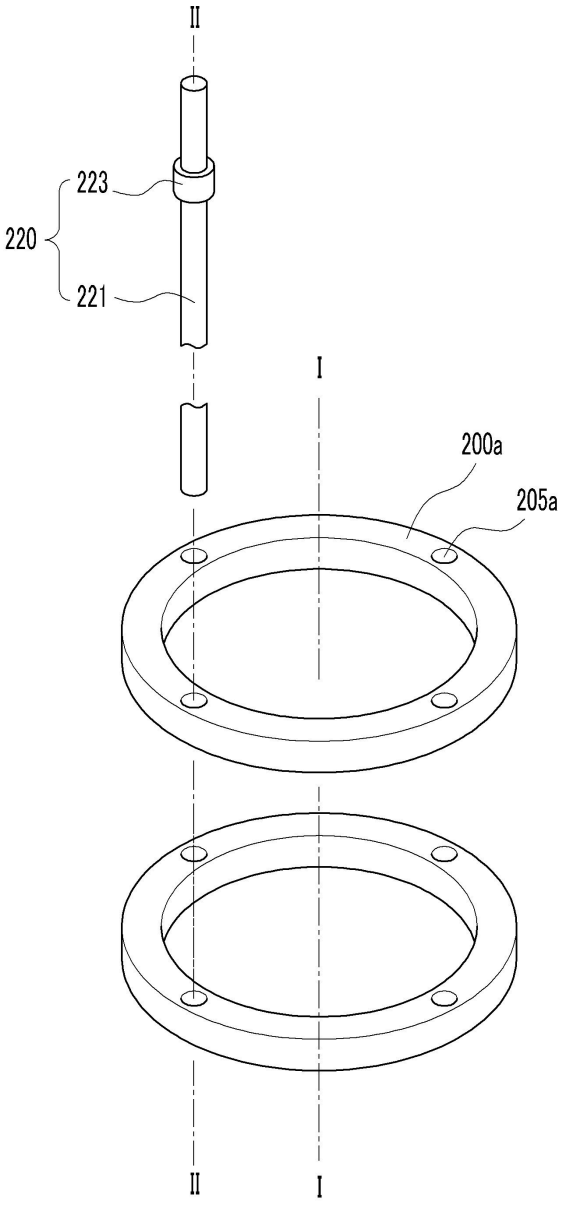
도면2


200
201
1
203
Wr
200
1
P
R
210

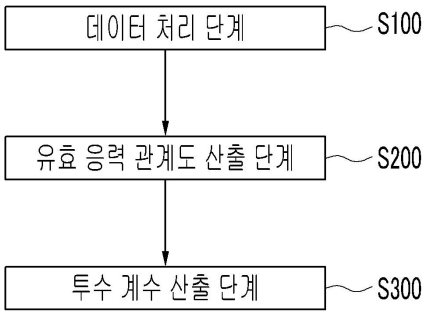
도면3


310
330
411
421
420
410
430
441
400
α
γ
440

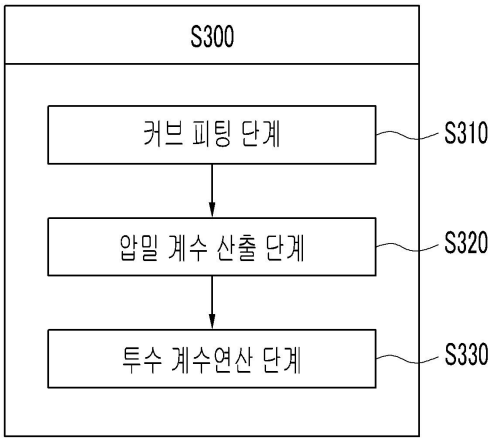
도면4



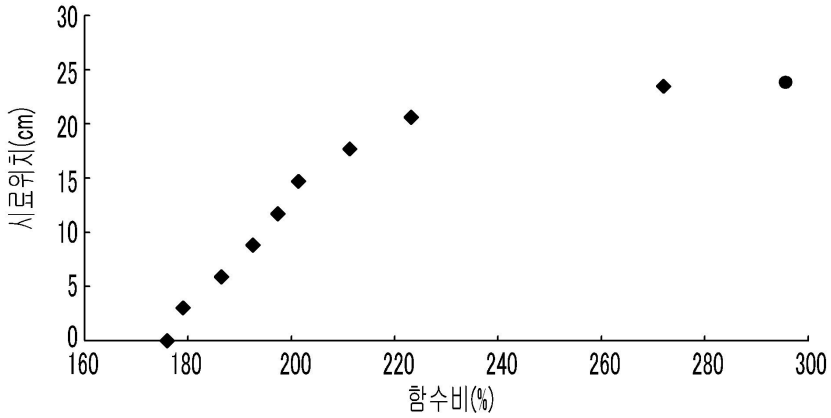
도면5


데이터 처리 단계
S100
유효 응력 관계도 산출 단계
S200
투수 계수 산출 단계
S300

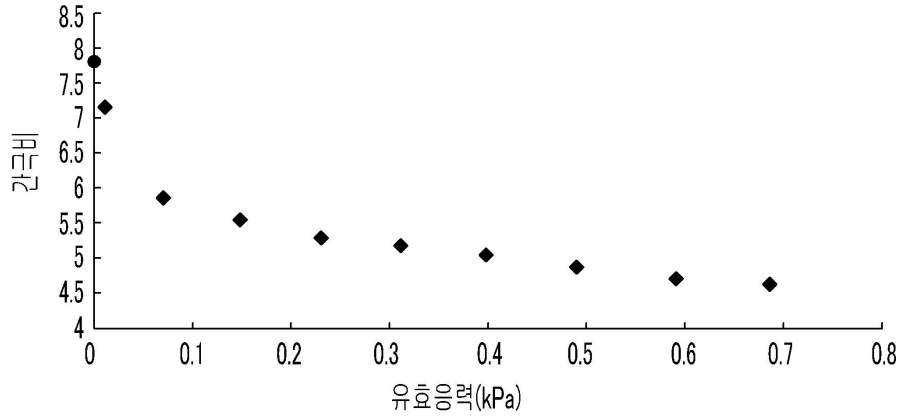
도면6


S300
커브 피팅 단계
S310
압밀 계수 산출 단계
S320
투수 계수연산 단계
S330

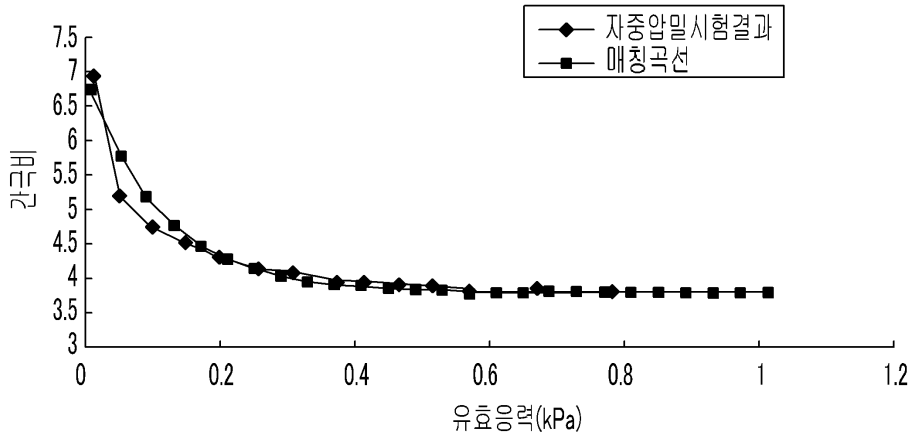
도면7


30
25
20
15
10
5
0
시료위치(cm)
160
180
200
220
240
260
280
300
함수비(%)

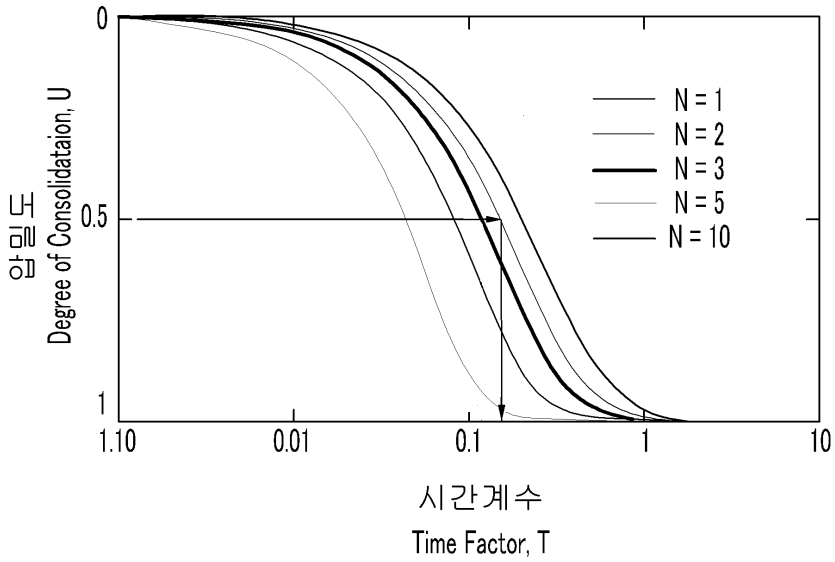
도면8


간극비
8.5
8
7.5
7
6.5
6
5.5
5
4.5
4
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
유효응력(kPa)

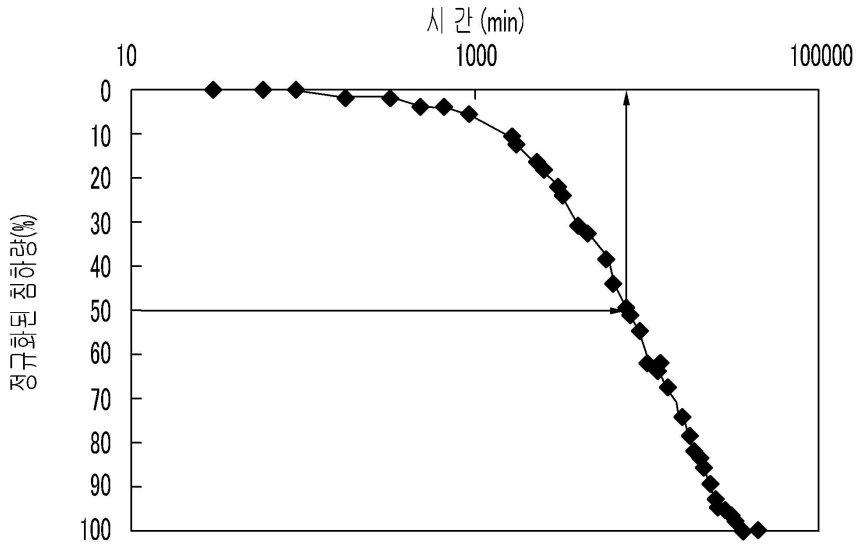
도면9


자중압밀시험결과
매칭곡선
간극비
7.5
7
6.5
6
5.5
5
4.5
4
3.5
3
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
유효응력(kPa)

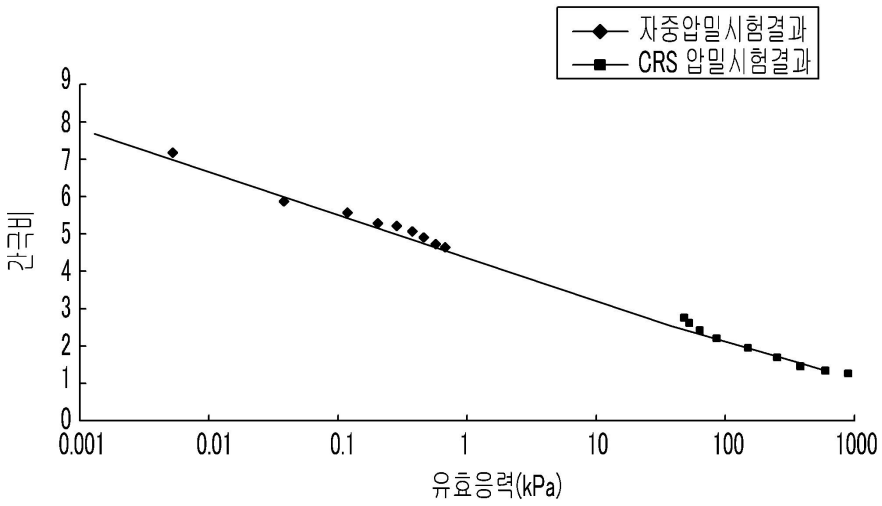
도면10


0
0.5
1
압밀도
Degree of Consolidataion, U
N = 1
N = 2
N = 3
N = 5
N = 10
1.10
0.01
0.1
1
10
시간계수
Time Factor, T

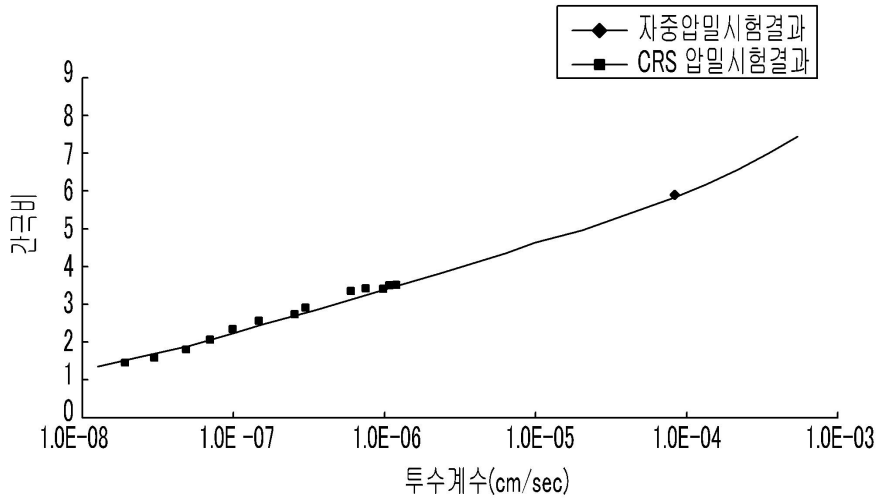
도면11


시 간 (min)
10
1000
100000
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
정규화된 침하량(%)

도면12


자중압밀시험결과
CRS 압밀시험결과
간극비
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
0.001
0.01
0.1
1
10
100
1000
유효응력(kPa)

도면13


자중압밀시험결과
CRS 압밀시험결과
간극비
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
1.0E-08
1.0E -07
1.0E-06
1.0E-05
1.0E-04
1.0E-03
투수계수(cm/sec)