



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년07월04일
 (11) 등록번호 10-1415350
 (24) 등록일자 2014년06월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G01N 27/02 (2006.01) G01N 27/07 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2013-0080599
 (22) 출원일자 2013년07월09일
 심사청구일자 2013년07월09일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020050010586 A
 KR2020000013204 U
 JP09005269 A
 KR100898230 B1

(73) 특허권자
 한국지질자원연구원
 대전광역시 유성구 과학로 124 (가정동)
 (72) 발명자
박삼규
 대전광역시 유성구 가정로 43 한울아파트 108동 1303호
김수동
 부산광역시 사상구 백양대로 880 우신아파트 101동 1308호
 (74) 대리인
정상규

전체 청구항 수 : 총 5 항

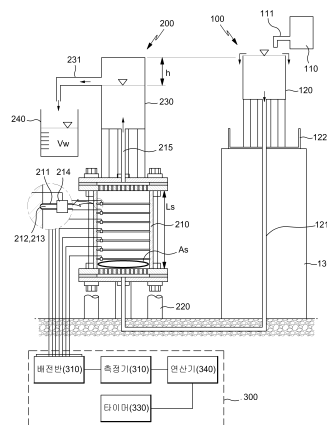
심사관 : 김기현

(54) 발명의 명칭 **시료 측정 장치**

(57) 요약

본 발명은 지하수 조사 지역의 흙 시료를 채취하여 동일한 흙 시료에 대하여 실내 환경에서 수리전도도와 전기비저항을 동시에 측정하는 시료 측정 장치에 관한 것으로, 제 1 스탠드 상에 고정되며, 외부로부터 공급되어 저수되는 물을 하부 공급 호스를 통해 배출하는 공급 수조; 제 2 스탠드 상에 고정되며, 시료가 채워질 수 있는 내부 공간을 가지며 상기 공급 호스의 말단이 하부에 연결되어 공급 수조로부터 공급되는 물을 공급받아 상부 배출 호스를 통해 배출하는 시료 홀더; 상기 시료 홀더 상에 고정되며, 상기 배출 호스의 말단이 하부에 연결되어 시료 홀더를 통과한 물을 공급받아 저수하며, 배수관을 통해 저수된 물을 배출하는 배출 수조; 및 상기 배출 수조로부터 배출된 물을 저수하는 배수 수조; 를 포함하며, 상기 시료 홀더의 내측면에는 다수의 전위 전극 및 전류 전극이 구비되어 측정 장치를 통해 전류 전극에 전류를 주입하고 전위 전극을 통해 전위차를 측정하여 시료에 대한 전기적 물성을 측정하며, 상기 공급 수조와 배출 수조의 수두차를 이용해 시료에 대한 수리전도도를 측정하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NP2011-033

부처명 지식경제부

연구사업명 에너지자원기술개발사업

연구과제명 광대역 유도분극을 이용한 정밀 탐광기술 개발

기여율 1/1

주관기관 한국지질자원연구원

연구기간 2011.09.01 ~ 2014.08.31

특허청구의 범위

청구항 1

제 1 스탠드 상에 고정되며, 외부로부터 공급되어 저수되는 물을 하부 공급 호스를 통해 배출하는 공급 수조;

제 2 스탠드 상에 고정되며, 시료가 채워질 수 있는 내부 공간을 가지며 상기 공급 호스의 말단이 하부에 연결되어 공급 수조로부터 공급되는 물을 공급받아 상부 배출 호스를 통해 배출하는 시료 홀더;

상기 시료 홀더 상에 고정되며, 상기 배출 호스의 말단이 하부에 연결되어 시료 홀더를 통과한 물을 공급받아 저수하며, 배수관을 통해 저수된 물을 배출하는 배출 수조; 및

상기 배출 수조로부터 배출된 물을 저수하는 배수 수조; 를 포함하며,

상기 시료 홀더의 내측면에는 다수의 전위 전극 및 전류 전극이 구비되어 측정 장치를 통해 전류 전극에 전류를 주입하고 전위 전극을 통해 전위차를 측정하여 시료에 대한 전기적 물성을 측정하며,

상기 공급 수조와 배출 수조의 수두차를 이용해 시료에 대한 수리전도도를 측정하는 것을 특징으로 하는 시료 측정 장치.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 공급 수조의 물이 오버플로우 상태를 유지하도록 급수 수조를 통해 지속적으로 물을 공급 수조에 공급하는 것을 특징으로 하는 시료 측정 장치.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 시료 홀더의 내측면에는 수평한 링 형태의 설치홈이 형성되고, 해당 설치홈에 상기 전류 전극 또는 전위 전극이 삽입되어 설치되는 것을 특징으로 하는 시료 측정 장치.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 측정 장치는,

상기 전류 전극으로 전류를 주입하기 위한 배전반;

상기 전위 전극을 통해 전위차를 측정하기 위한 측정기; 및

상기 측정기를 통해 측정된 전위차를 통해 전기비저항을 계산하는 연산기; 를 포함하며,

상기 전기비저항은 아래의 수학적 식 1을 통해 계산되는 것을 특징으로 하는 시료 측정 장치.

수학적 식 1:

$$\rho = \frac{S}{L} \frac{\Delta V}{I}$$

여기에서, ρ 는 전기비저항, ΔV 는 전위전극 사이의 전위차(mV), I 는 전류전극에 흘려준 전류의 세기(μA), S 는 전류가 흐르는 단면적(cm^2), L 은 전위전극 사이의 거리(cm)임.

청구항 5

제 1항에 있어서,
 상기 측정 장치는,
 상기 배수 수조에 목표 수량이 채워지는 시간을 측정하기 위한 타이머; 및
 상기 타이머를 통해 측정된 시간을 통해 수리전도도를 계산하는 연산기; 를 포함하며,
 상기 수리전도도는 아래의 수학적 식 2를 통해 계산되는 것을 특징으로 하는 시료 측정 장치.
 수학적 식 2:

$$K = \frac{V_w L_s}{A_s t h}$$

여기에서, K는 수리전도도(cm/sec), V_w 는 시간 t(sec)동안 배수 수조에 배출되는 배출 수량(cm^3), L_s 는 물이 통과하는 시료의 길이(cm), A_s 는 시료의 단면적(cm^2), h는 공급 수조와 배출 수조의 수두차(cm)임.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 시료 측정 장치에 관한 것으로, 특히 지하수 조사 지역의 흙 시료를 채취하여 동일한 흙 시료에 대하여 실내 환경에서 수리전도도와 전기비저항을 동시에 측정하는 시료 측정 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 수리전도도는 대수층의 투수성을 나타내는 수리지질학적 특성으로, 수리전도도를 구하는 방법으로는 양수시험, 순간충격시험, 추적자시험 등 여러 가지 방법이 있다.

[0003] 이러한 방법들로 광범위한 지역의 수리전도도를 조사하기 위해서는 여러 지점의 지하수공이 필요하기 때문에 많은 비용과 시간이 요구된다. 또한 제대로 관리되지 않고 오래된 지하수공은 공벽이 무너져서 수리 시험을 할 수 없거나, 케이싱에 점토나 금속산화물이 끼어서 왜곡된 수리 정보를 얻는 경우도 발생한다.

[0004] 한편 지반의 전기비저항은 체적함수율(공극률×포화도)에 크게 좌우되기 때문에, 지하수위 및 지하수 분포상태와 같은 수리지질학적 정보를 얻기 위한 목적으로 전기비저항 탐사가 적용되고 있다.

[0005] 전기비저항 탐사는 지표에서 슬럼버저 배열(schlumberger array)이나 웨너 배열(wenner array), 쌍극자 배열(dipole-dipole array) 등 탐사목적에 맞는 전극배열법을 적용하여 광범위한 지역에 대한 지반의 전기비저항을 구할 수 있기 때문에, 전기비저항과 수리전도도 사이의 상관관계를 밝혀낸다면 전기비저항 탐사를 통하여 적은 비용으로 간편하게 대수층의 수리전도도를 구할 수 있을 것이다.

[0006] 하지만, 대부분의 경우 수리전도도와 같은 수리지질학적 특성과 전기비저항과 같은 전기 물성은 실외 현장에서 측정되기 때문에 측정이 어렵고 측정에 소요되는 인적·물적 자원의 소요가 많으며, 측정 결과를 도출하기까지 많은 시간이 소요된다는 문제점을 가지고 있다.

[0007] 특히 현장 측정의 특성상 수리전도도와 전기 물성이 완전히 동일한 시료를 통해 측정되지 않고 서로 다른 주변 시료를 통해 측정될 수밖에 없기 때문에 수리전도도와 전기 물성의 상관관계를 입증하기 곤란하여 수리전도도와 전기 물성의 상관관계를 토대로 한 대수층의 수리지질학적 특성 평가가 어렵다는 문제점도 가지고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 그 목적은 지하수 조사 지역의 흙 시료를 채취하여 동일한 흙 시료에 대하여 실내 환경에서 수리전도도와 전기비저항을 동시에 측정하는 시료 측정 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명에 따르면, 제 1 스탠드 상에 고정되며, 외부로부터 공급되어 저수되는 물을 하부 공급 호스를 통해 배출하는 공급 수조; 제 2 스탠드 상에 고정되며, 시료가 채워질 수 있는 내부 공간을 가지며 상기 공급 호스의 말단이 하부에 연결되어 공급 수조로부터 공급되는 물을 공급받아 상부 배출 호스를 통해 배출하는 시료 홀더; 상기 시료 홀더 상에 고정되며, 상기 배출 호스의 말단이 하부에 연결되어 시료 홀더를 통과한 물을 공급받아 저수하며, 배수관을 통해 저수된 물을 배출하는 배출 수조; 및 상기 배출 수조로부터 배출된 물을 저수하는 배수 수조; 를 포함하며, 상기 시료 홀더의 내측면에는 다수의 전위 전극 및 전류 전극이 구비되어 측정 장치를 통해 전류 전극에 전류를 주입하고 전위 전극을 통해 전위차를 측정하여 시료에 대한 전기적 물성을 측정하며, 상기 공급 수조와 배출 수조의 수두차를 이용해 시료에 대한 수리전도도를 측정하는 것을 특징으로 하는 시료 측정 장치를 제공한다.

[0010] 바람직하게는, 상기 공급 수조의 물이 오버플로우 상태를 유지하도록 급수 수조를 통해 지속적으로 물을 공급 수조에 공급하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 바람직하게는, 상기 시료 홀더의 내측면에는 수평한 링 형태의 설치홈이 형성되고, 해당 설치홈에 상기 전류 전극 또는 전위 전극이 삽입되어 설치되는 것을 특징으로 한다.

[0012] 바람직하게는, 상기 측정 장치는, 상기 전류 전극으로 전류를 주입하기 위한 배전반; 상기 전위 전극을 통해 전위차를 측정하기 위한 측정기; 및 상기 측정기를 통해 측정된 전위차를 통해 전기비저항을 계산하는 연산기; 를 포함하며, 상기 전기비저항은 아래의 수학적 식 1을 통해 계산되는 것을 특징으로 한다.

[0013] 수학적 식 1:
$$\rho = \frac{S \Delta V}{L I}$$
 여기서, ρ 는 전기비저항, ΔV 는 전위전극 사이의 전위차(mV), I 는 전류전극에 흘려준 전류의 세기(μA), S 는 전류가 흐르는 단면적(cm^2), L 은 전위전극 사이의 거리(cm)임.

[0014] 바람직하게는, 상기 측정 장치는, 상기 배수 수조에 목표 수량이 채워지는 시간을 측정하기 위한 타이머; 및 상기 타이머를 통해 측정된 시간을 통해 수리전도도를 계산하는 연산기; 를 포함하며, 상기 수리전도도는 아래의 수학적 식 2를 통해 계산되는 것을 특징으로 한다.

[0015] 수학적 식 2:
$$K = \frac{V_w L_s}{A_s t h}$$
 여기서, K 는 수리전도도(cm/sec), V_w 는 시간 t (sec)동안 배수 수조에 배출되는 배출 수량(cm^3), L_s 는 물이 통과하는 시료의 길이(cm), A_s 는 시료의 단면적(cm^2), h 는 공급 수조와 배출 수조의 수두차(cm)임.

발명의 효과

[0016] 본 발명에 따르면, 지하수 조사 지역의 흙 시료를 채취하여 동일한 흙 시료에 대하여 실내 환경에서 수리전도도와 전기비저항을 동시에 측정할 수 있게 되는 효과가 있다.

[0017] 또한 본 발명에 따른 시료 측정 장치는 사질토 등 흙의 전기비저항과 수리전도도를 동시에 측정하기 위하여 개발한 실내 측정 장치로 대수층의 수리전도도와 전기비저항 사이의 상관관계를 도출하여 지하수 분포상태와 같은 수리지질학적 정보를 얻는데 활용될 수 있다.

[0018] 특히 수리전도도와 전기 물성이 완전히 동일한 시료를 통해 측정되기 때문에 수리전도도와 전기 물성의 상관관

계를 입증하기 용이하며 이를 통해 대수층의 수리지질학적 특성 평가가 가능하게 되는 효과도 있다.

도면의 간단한 설명

- [0019] 도 1은 본 발명에 따른 시료 측정 장치를 나타내는 개요도.
- 도 2는 본 발명에 따른 시료 홀더를 나타내는 개요도.
- 도 3은 본 발명에 따른 시료 측정 장치의 시료 예를 설명하기 위한 도면.
- 도 4 및 도 5는 수리전도도와 전기비저항의 관계를 설명하기 위한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 이하 본 발명에 따른 시료 측정 장치에 대하여 첨부한 도면을 참고하여 상세히 설명한다.
- [0021] 도 1은 본 발명에 따른 시료 측정 장치를 나타내는 개요도이고, 도 2는 본 발명에 따른 시료 홀더를 나타내는 개요도이다.
- [0022] 흙의 전기물성과 수리전도도를 동시에 측정하기 위한 시료 측정 장치가 도 1에 도시되어 있다. 본 발명의 시료 측정 장치는 크게 시료의 전기물성을 측정하는 장치와 수리전도도를 측정하는 장치로 구성되어 있다.
- [0023] 도 1 및 도 2를 참조하면, 시료 측정 장치는 물을 공급하기 위한 제 1 장치(100)와, 시료를 시료 홀더(210)에 고정시키며 제 1 장치(100)로부터 공급되는 물을 시료에 통과시킨 후 배출시키는 제 2 장치(200)와, 상기 제 2 장치(200)와 연결되어 시료의 전기물성과 수리전도도를 측정하는 측정 장치(300)로 구성될 수 있다. 여기에서 상기 제 1 장치(100)와 제 2 장치(200)는 서로 근접되어 위치되는 것이 바람직하다.
- [0024] 먼저 상기 제 1 장치(100)는 급수 수조(110), 공급 수조(120) 및 제 1 스탠드(130)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0025] 상기 급수 수조(110)는 대용량의 물을 저수하고 있으며, 급수관(111)을 통해 물을 배출하여 공급 수조(120)로 물을 공급하게 된다.
- [0026] 상기 공급 수조(120)는 상부가 개방되며 내부에 물을 저수할 수 있도록 구성된다. 이 공급 수조(120)의 하부에는 공급 수조(120)의 물을 배출할 수 있는 공급 호스(121)가 연결되며, 공급 수조(120)의 저수 수위를 초과하는 물은 상부 개방부위를 통해 자연스럽게 흘러내려 외부로 배출된다. 특히 상기 공급 수조(120)의 물이 오버플로우(Overflow) 상태를 유지하도록 급수 수조(110)를 통해 지속적으로 물을 공급 수조에 공급하는 것이 중요하며, 이를 통해 해당 공급 수조(120)의 수두를 일정하게 유지할 수 있게 될 것이다. 여기에서 상기 공급 수조(120)의 하부에는 높이 유지를 위한 받침다리가 설치될 수 있으며, 공급 수조(120)로부터 배출되는 물을 저수할 수 있는 별도의 물받이(122)가 설치될 수 있다.
- [0027] 상기 제 1 스탠드(130)는 일정한 높이를 가지는 구조물로 상기 공급 수조(120)를 일정한 높이에서 지지하게 된다. 그리고 이 제 1 스탠드(130)의 내부를 따라 상기 공급 호스(121)가 배치될 수 있다.
- [0028] 다음으로 상기 제 2 장치(200)는 시료 홀더(210), 제 2 스탠드(220), 배출 수조(230) 및 배수 수조(240)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0029] 상기 제 2 스탠드(220)는 일정한 높이를 가지는 구조물로 상기 시료 홀더(210)를 일정한 높이에서 지지하게 된다. 그리고 이 제 2 스탠드(220)의 내부를 따라 상기 공급 호스(121)가 배치될 수 있다.
- [0030] 상기 시료 홀더(210)는 상기 제 2 스탠드 상에 고정되며, 시료가 채워질 수 있는 내부 공간을 가지며 상기 공급 호스(121)의 말단이 하부에 연결되어 공급 수조(120)로부터 공급되는 물을 공급받게 된다. 그리고 시료 홀더(210)를 통과한 물은 해당 시료 홀더(210)의 상부에 연결된 배출 호스(215)를 통해 배출되게 된다.
- [0031] 상기 시료 홀더(210)는 투명한 재질로 이루어져 내부 관찰이 용이하며, 전체적으로 상하부가 막힌 원통형의 구조물일 수 있다. 상기 시료 홀더(210)에는 흙과 같은 시료가 채워지게 되는데, 물이 통과하는 시료의 길이 (L_s , 단위 cm)는 시료 홀더(210)의 수직 길이와 대응될 것이고, 시료의 단면적(A_s , 단위 cm^2)은 해당 시료 홀더(210)의 직경과 대응될 것이다.
- [0032] 여기에서 상기 시료 홀더(210)의 내측면에는 수평한 링 형태의 설치홈(211)이 다수개 형성되고, 해당 설치홈

(211)들에는 전류 전극(212)과 전위 전극(213)이 삽입되어 설치되게 된다. 이 전류 전극(212)과 전위 전극(213)은 전기 물성 특히 전기비저항을 측정하기 위한 구성으로 구리선과 같은 도전체로 형성될 수 있으며 도 2에 도시된 바와 같이 일정한 수직 간격을 가지고 설치될 것이다. 이들 전극을 링형으로 만들어 전류가 시료 전체 면적을 완전히 통과하도록 하는 것이 중요하다. 일 예로 이 시료 홀더(210)에서 전위 전극(213)간 간격(L, 단위 cm)은 4cm 일 수 있다. 도 2에서는 상하부에 각각 전류 전극 C1과 C2가 설치되었으며, 이 전류 전극의 사이에 전위 전극 P1과 P2가 설치된 예가 도시되어 있다. 이 전류 전극(212)과 전위 전극(213)은 시료 홀더(210)의 외면에 마련된 접속 단자(214)를 통해 전선에 연결되며, 이 전선은 상기 측정 장치(300)에 연결될 것이다. 여기에서 상기 전류 전극(212)은 해당 시료 홀더(210)의 직경을 따라 링 형태로 설치되었으므로 시료에 가해지는 전류가 흐르는 단면적(S, 단위 cm²)는 해당 시료 홀더(210)의 직경과 대응될 것이다.

[0033] 이때 상기 전류 전극(212)을 통해 시료에 흘려준 전류의 세기(I, 단위 μA)는 측정 장치(300)의 배전반(310)을 통해 제어되며, 상기 전위 전극(213)을 통해 측정되는 전위 전극 사이의 전위차(ΔV , 단위 mV)는 측정 장치(300)의 측정기(320)에 의해 측정될 것이다. 여기에서 측정기(320)로는 Handy Viewer Mini-OHM(OYO Co.) 송·수신기를 사용하여, 배전반(310)을 통해 전류 전극으로 1 mA의 DC 전류를 주입하고 전위 전극에서 전위차를 측정할 수 있다.

[0034] 상기 배출 수조(230)는 상기 시료 홀더(210) 상에 고정되며, 상기 배출 호스(215)의 말단이 하부에 연결되어 시료 홀더(210)를 통과한 물을 공급받아 저수하게 된다. 그리고 이 배출 수조(230)에는 배수관(231)이 형성되어 일정 수위 이상으로 물이 채워지면 물을 배수 수조(240)로 배출하게 된다. 따라서 상기 배출 수조(230)는 상기 배수관(231)에 의해 수두를 일정하게 유지할 수 있게 될 것이다.

[0035] 여기에서 상기 공급 수조(120)의 수두와 상기 배출 수조(230)의 수두는 제 1 장치(100)와 제 2 장치(200)의 구성 및 수치에 의해 결정될 것이며, 수두차(h, 단위 cm)는 일정하게 유지될 것이다.

[0036] 그리고 상기 배수 수조(240)는 상기 배출 수조(230)로부터 배출되는 물을 저수하게 될 것이며, 시료에 대한 수리전도도를 측정하기 위해 해당 배수 수조(240)에 일정 수량(V_w , 단위 cm³)이 채워지는 동안 걸린 시간(t, 단위 sec)을 상기 측정 장치(300)의 타이머(330)를 통해 측정하게 될 것이다.

[0037] 한편 상기 측정 장치(300)는 배전반(310), 측정기(320), 타이머(330) 및 연산기(340)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0038] 상기 배전반(310)은 상기 시료 홀더(210)의 전류 전극(212)에 측정에 필요한 전류(I)를 흘려주게 된다.

[0039] 상기 측정기(320)은 상기 전위 전극(213)을 통해 측정되는 전위 전극 사이의 전위차(ΔV)를 측정하게 된다.

[0040] 상기 타이머(330)는 상기 배수 수조(240)에 일정 수량(V_w)을 채워지는 동안 걸린 시간(t)을 측정하게 된다.

[0041] 그리고 상기 연산기(340)는 상술한 구성들의 파라미터와 측정값을 통해 자동적으로 시료에 대한 전기물성과 수리전도도를 연산해낼 것이다. 물론 이 같은 연산기(340)가 없이도 상술한 구성들의 파라미터와 측정값을 통해 시료에 대한 전기물성과 수리전도도를 계산하는 것은 가능할 것이다.

[0042] 먼저 시료에 대한 전기물성으로서 전기비저항은 다음과 같이 측정될 수 있다.

[0043] 상기 시료 홀더(210)에는 측정하고자 하는 시료가 채워질 것이며, 공급 수조(120)의 물은 공급 호스(121)를 통해 시료 홀더(210)로 공급되고, 시료 홀더(210)를 통과한 물은 배출 수조(230)에 저수된 뒤 배수 수조(240)로 배수될 것이다.

[0044] 이때 배전반(310)을 통해 상기 시료 홀더(210)의 전류 전극(212)으로 일정한 DC 전류를 주입하게 되며, 측정기(320)를 통해 해당 시료 홀더(210)의 전위 전극(213)에서 전위차를 측정하게 될 것이다.

[0045] 이를 통해 시료의 전기비저항은 다음의 수학적 식 1을 통해 계산될 수 있다.

수학적 식 1

$$\rho = \frac{S}{L} \frac{\Delta V}{I}$$

[0046]

[0047] 여기에서, ρ 는 전기비저항(ohm-m), ΔV 는 전위전극 사이의 전위차(mV), I 는 전류전극에 흘려준 전류의 세기(μA), S 는 전류가 흐르는 단면적(cm^2), L 은 전위전극 사이의 거리(cm)이다.

[0048] 다음으로 시료에 대한 수리전도도는 다음과 같이 측정될 수 있다.

[0049] 수리전도도를 측정하는 방법은 정수두 투수시험법을 이용하게 된다. 이 역시 상기 시료 홀더(210)에는 측정하고자 하는 시료가 채워질 것이며, 공급 수조(120)의 물은 공급 호스(121)를 통해 시료 홀더(210)로 공급되고, 시료 홀더(210)를 통과한 물은 배출 수조(230)에 저수된 뒤 배수 수조(240)로 배수될 것이다. 특히 공급 수조(120)에 물을 공급하면 물이 공급 호스(121)를 통하여 시료 홀더(210)를 통과한 후 배출 수조(230)에서 일정 수두를 형성한 후 배수 수조(240)로 배출된다. 실험이 진행되는 동안 급수 수조(110)를 통해 공급 수조(120)에 물을 지속적으로 공급하여 오버플로우 상태를 유지함으로써 공급 수조(120)와 배출 수조(230)의 수두차를 일정하게 유지할 수 있다. 즉 공급 수조(120)에서 물이 나가는 양보다 조금 더 많은 양을 공급하여 흘러넘치게 함으로써 수두를 일정하게 유지시키게 된다. 물은 아래로 흘러 시료 홀더(210)의 하단부터 포화되어 차츰차츰 상승하여 시료를 완전히 포화시키고 시료 홀더(210)와 연결된 배출 수조(230)로 올라와 이곳에서 수두를 형성시키고 넘치는 물은 배수 수조(240)에 모아지는 시스템이다.

[0050] 이때 시료에 대한 수리전도도를 측정하기 위해 해당 배수 수조(240)에 일정 수량(V_w , 단위 cm^3)이 채워지는 동안 걸린 시간(t , 단위 sec)을 상기 측정 장치(300)의 타이머(330)를 통해 측정하게 될 것이다.

[0051] 이를 통해 시료의 수리전도도는 다음의 수학적 식 2를 통해 계산될 수 있다.

수학적 식 2

$$K = \frac{V_w L_s}{A_s t h}$$

[0052]

[0053] 여기에서, K 는 수리전도도(cm/sec), V_w 는 시간 $t(sec)$ 동안 배수 수조에 배출되는 배출 수량(cm^3), L_s 는 물이 통과하는 시료의 길이(cm), A_s 는 시료의 단면적(cm^2), h 는 공급 수조와 배출 수조의 수두차(cm)이다.

[0054] <실험예>

[0055] 1) 실험 준비

[0056] 대수층의 수리전도도가 서로 다른 가장 큰 이유는 구성하고 있는 입자들의 크기나 배열 또는 분급이 달라져서 지하수가 이동할 수 있는 통로인 공극의 크기가 달라지기 때문이다. 본 발명에서는 입자의 크기와 배열을 달리 하는 두 가지 실험 케이스를 설정하여 공극의 크기에 변화를 준 뒤, 정수두 투수 시험을 통하여 수리전도도를 측정했으며, 동시에 전기비저항을 측정하여 수리전도도와와의 상관성을 파악하였다.

[0057] 첫 번째 실험 케이스는 동일한 입자크기의 시료를 사용하여 입자배열에 따른 차이만 고려하기 위한 것으로, 강원도 주문진읍 향호리산 시멘트 몰타르 압축강도 시험용 주문진표준사를 사용하였다. 주문진표준사는 입자의 크기가 0.6 mm ~ 0.85 mm로 일정하고, 다른 모래에 비하여 석영의 품위가 높아 불순물이 거의 없어서 이 실험에 적합하였다. 도 3은 크기가 같은 입자들의 서로 다른 배열 상태를 보여주는 것으로 오른쪽 그림처럼 입자배열이 능면체를 형성할수록 조밀하게 배열되어 공극의 크기와 공극률이 감소하며, 입자 크기가 일정할 때 입자배열은 단위부피당 질량인 밀도로 제시할 수 있다. 따라서 입자 크기가 거의 일정한 주문진 표준사의 입자배열 차이는 밀도를 이용하여 간접적으로 파악하였으며, 시료 홀더(210)에 주문진 표준사를 넣고 시료 홀더(210) 벽면을 고무망치로 가볍게 두드리는 방법으로 밀도를 변화시켜 총 네 가지 밀도에서 정수두 투수 시험과 전기비저항 측정을 수행하였다.

[0058] 두 번째 실험 케이스는 입자 크기에 따른 차이만 고려하기 위한 것으로, 입자 크기가 제한적인 주문진 표준사를 대신하여 이산화규소(SiO_2)로 이루어진 글라스 비즈(Glass beads)를 이용하였다. 입자의 크기가 커지면 공극의 크기가 따라서 커지고, 공극률은 이론상 일정해야 하지만 대부분의 경우에서 입자의 크기가 커지면 반대로 공극

물은 작아지는 경향을 보인다. 실험 목적에 따라서 0.25 mm ~ 0.5 mm, 0.75 mm ~ 1.0 mm, 1.25 mm ~ 1.55 mm, 1.7 mm ~ 2.0 mm 총 네 가지 서로 다른 입자크기의 글라스 비즈를 이용하여, 각 실험마다 시료 홀더(210)에 같은 크기의 글라스 비즈를 넣고 정수두 투수 시험과 전기비저항 측정을 수행하여 총 네 가지 입자 크기에 대하여 수리전도도와 전기비저항을 구하였다.

[0059] 또한 포화 시료의 전기비저항은 간극수의 전기비저항에 영향을 받기 때문에 두 케이스에서 공통적으로, 공급수의 온도를 25℃로 보정했을 때 전기전도도가 134 μS/cm가 되도록 일정하게 맞추어 실험을 진행하였다.

[0060] 2) 실험 결과

[0061] (1) 케이스 1의 입자 배열에 따른 결과

[0062] 첫 번째 실험 케이스에서는 입자배열을 달리하여 공극의 크기에 변화를 주는 방법으로 수리전도도를 변화시켰고, 이때의 전기비저항 변화를 측정해서 수리전도도와 전기비저항의 상관관계를 파악하고자 하였다. 주 문진표준사를 시료 홀더(210)에 넣고 벽면을 두드리는 횟수를 달리하여 입자배열을 총 네 번 변화시켰을 때 밀도와 공극률, 수리전도도, 전기비저항의 측정결과를 표 1에 나타낸다.

표 1

[0063]

Density (g/cm ³)	Porosity (%)	Hydraulic Conductivity (cm/sec)	Resistivity (ohm-m)
1.52	43.3	0.117	291.54
1.55	42.4	0.105	305.77
1.57	41.9	0.091	311.11
1.59	41.2	0.076	330.84

[0064] 입자의 배열은 수치로 정확하게 나타내기 어렵기 때문에 밀도로 입자배열의 조밀함을 대신하였다. 밀도가 커질수록 입자배열은 더 조밀해지기 때문에 공극의 크기가 작아져 수리전도도가 작아지고, 공극률은 낮아져서 전기비저항이 높아지는 결과가 나타났다. 도 4는 이때의 수리전도도와 전기비저항의 관계를 도시한 그래프로써, 상관계수는 약 0.98이고, 관계식은 다음의 수학적 식 3과 같다.

수학적 식 3

[0065]

$$K = -0.0011\rho + 0.4266$$

[0066] 여기서 K는 수리전도도이고, ρ는 전기비저항이다.

[0067] (2) 케이스 2의 입자 크기에 따른 결과

[0068] 두 번째 실험 케이스에서는 입자 크기를 달리하는 방법으로 공극의 크기에 변화를 주어 수리전도도를 변화시켰으며 이때의 전기비저항 변화를 측정해서 수리전도도와 전기비저항의 상관관계를 파악하고자 하였다. 입자 크기 별로 글라스 비즈를 시료 홀더(210)에 넣고 각 크기별 공극률과 수리전도도, 전기비저항의 측정결과를 표 2에 나타낸다.

표 2

[0069]

Grain size (mm)	Porosity (%)	Hydraulic Conductivity (cm/sec)	Resistivity (ohm-m)
0.25 - 0.5	38.2216	0.105482808	291.7304
0.75 - 1.0	37.6541	0.193743934	303.82542
1.25 - 1.55	36.7636	0.226754445	308.48029
1.7 - 2.0	35.7464	0.229680308	320.15561

[0070] 입자가 커질수록 공극의 크기도 커지기 때문에 수리전도도가 커지고, 공극률은 낮아져서 전기비저항이 높아지는 결과가 나타났다. 도 5는 이때의 수리전도도와 전기비저항의 관계를 도시한 그래프로써, 상관계수는 약 0.91이

고, 관계식은 다음의 수학식 4와 같다.

수학식 4

$$K = 3.77 \times 10^{-5} e^{0.0277\rho}$$

[0071]

[0072]

[0073]

[0074]

여기서 K는 수리전도도이고, ρ는 전기비저항이다.

결과적으로 케이스 2 즉 글라스 비즈의 입자 크기에 따른 수리전도도와 전기비저항은 비례 관계를 가지게 됨을 확인할 수 있다. 이는 케이스 1에서 수리전도도와 전기비저항이 반비례 관계를 가지는 결과와 반대되는 결과이다.

이상과 같이 도면과 명세서에서 최적 실시 예가 개시되었다. 여기서 특정한 용어들이 사용되었으나, 이는 단지 본 발명을 설명하기 위한 목적에서 사용된 것이지 의미 한정이나 특허청구범위에 기재된 본 발명의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다. 그러므로 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

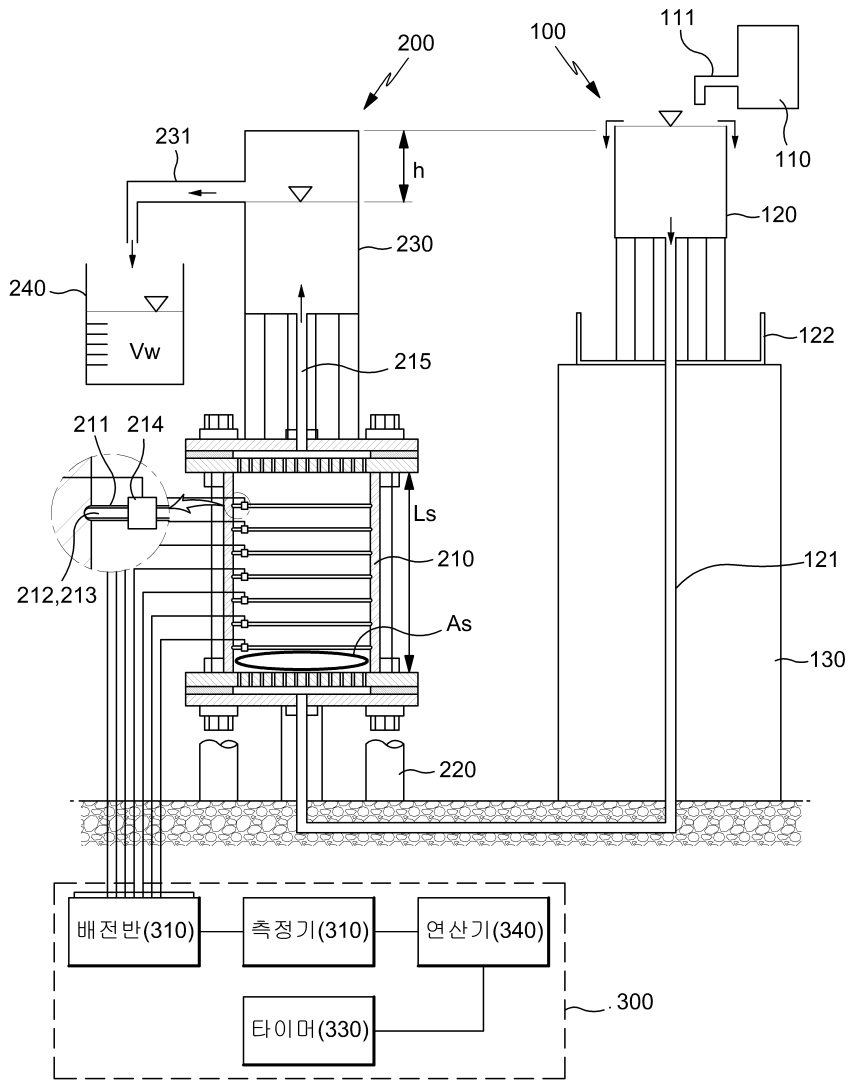
부호의 설명

[0075]

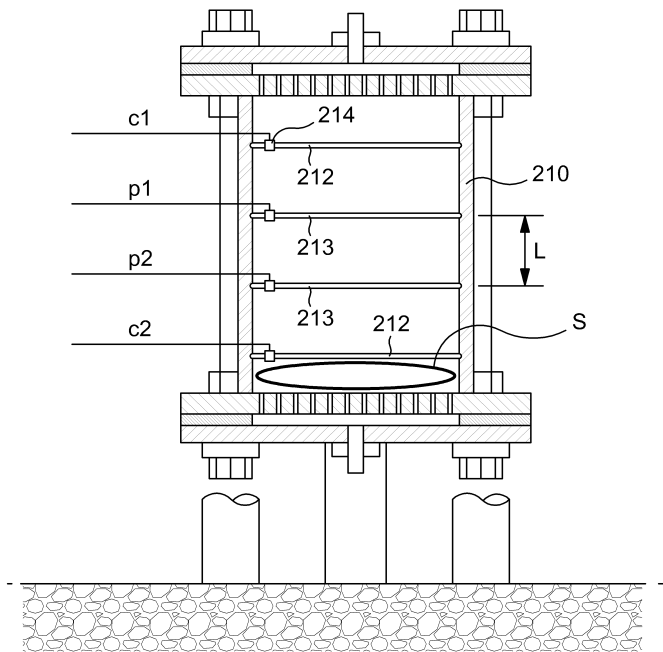
- | | |
|---------------|--------------|
| 100 : 제 1 장치 | 110 : 급수 수조 |
| 111 : 급수관 | 120 : 공급 수조 |
| 121 : 공급 호스 | 122 : 물받이 |
| 130 : 제 1 스탠드 | 200 : 제 2 장치 |
| 210 : 시료 홀더 | 211 : 설치홈 |
| 212 : 전류 전극 | 213 : 전위 전극 |
| 214 : 접속 단자 | 215 : 배출 호스 |
| 220 : 제 2 스탠드 | 230 : 배출 수조 |
| 231 : 배수관 | 240 : 배수 수조 |
| 300 : 측정 장치 | 310 : 배전반 |
| 320 : 측정기 | 330 : 타이머 |
| 340 : 연산기 | |

도면

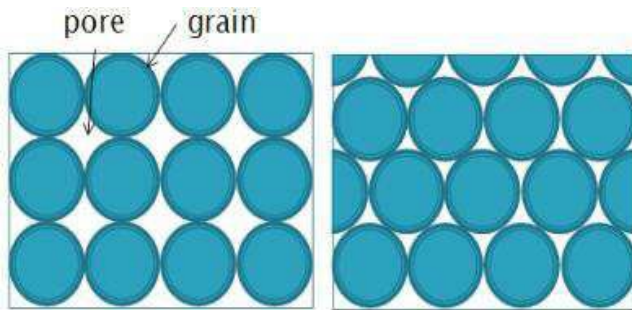
도면1



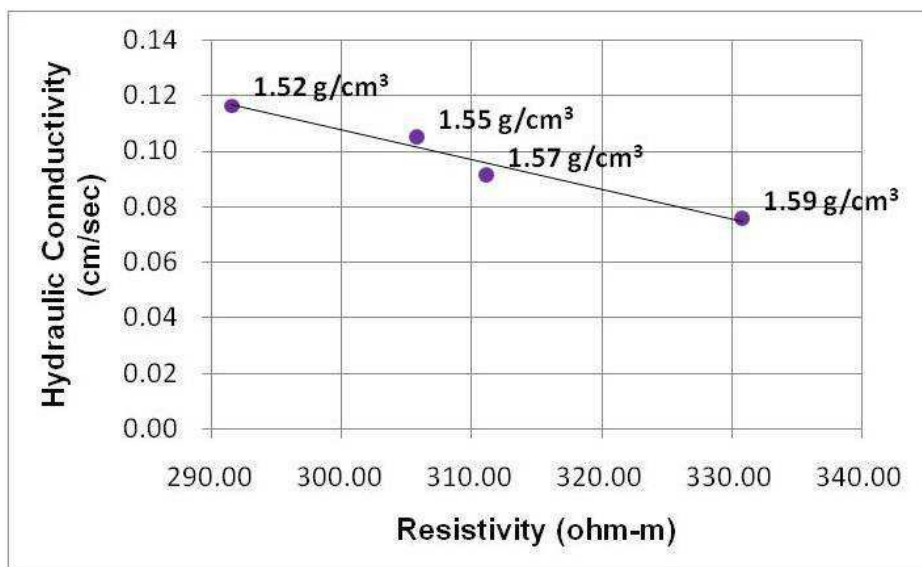
도면2



도면3



도면4



도면5

