



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년03월22일
(11) 등록번호 10-2230804
(24) 등록일자 2021년03월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

E21B 49/08 (2006.01) *E21B 33/12* (2006.01)
E21B 43/12 (2006.01) *E21B 47/04* (2006.01)
E21B 47/06 (2006.01) *G01V 9/02* (2006.01)

(52) CPC특허분류

E21B 49/08 (2020.05)
E21B 33/12 (2020.05)

(21) 출원번호 10-2020-0153426

(22) 출원일자 2020년11월17일

심사청구일자 2020년11월17일

(56) 선행기술조사문헌

KR101282845 B1*
KR1020120123903 A
KR2020160002889 U*
KR101144285 B1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

주식회사 지오그린21

서울특별시 구로구 디지털로33길 55, 901호 (구로동, 이앤씨벤처드림타워2차)

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

이종화

경기도 남양주시 천마산로 25, 109동 605호(호평동, 대명루첸아파트)

전성천

서울특별시 노원구 동일로230길 63 조흥한신아파트 1동 303호 (상계동, 한신아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

전원

전체 청구항 수 : 총 7 항

심사관 : 김옥기

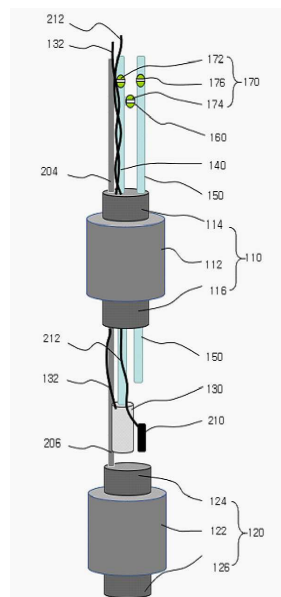
(54) 발명의 명칭 더블패커를 이용한 구간별 수리시험 시스템 및 그 방법

(57) 요약

본 발명은 더블패커를 이용한 구간별 수리시험 시스템 및 그 방법을 개시한다. 더블패커를 이용한 구간별 수리시험 시스템은, 상부패커; 하부패커; 조사 심도 구간 내에 배치되어 지하수를 양수하는 수중펌프; 수중펌프에 연결되어 수중펌프에 의해 양수된 지하수를 외부로 유출하는 양수관; 조사 심도 구간에 회복 시험수를 주입하는 주입

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



관; 양수관과 주입관을 연결하도록 배치된 우회관; 양수관, 주입관 및 우회관 사이에서 지하수의 공급 경로를 개폐하는 밸브류; 및 (i) 양수시험 요청에 따라 수중펌프를 구동시키고, 밸브류를 제어하여 수중펌프에 의해 양수된 지하수를 우회관을 경유하여 조사 심도 구간에 재주입하고, (ii) 일정 시간이 경과함에 따라 밸브류를 제어하여 수중펌프에 의해 양수된 지하수를 관측관정 외부로 배출시키는 양수시험을 수행하고, (iii) 양수시험이 종료됨에 따라 수중펌프의 동작을 정지시키고, 밸브류를 제어하여 조사 심도 구간에 대한 회복 시험을 수행하는 제어부를 포함한다.

(52) CPC특허분류

E21B 43/12 (2013.01)

E21B 47/04 (2020.05)

E21B 47/06 (2020.05)

G01V 9/02 (2013.01)

조호영

서울특별시 서초구 반포대로 275 래미안퍼스티지아
파트 111-1702

(72) 발명자

천정용

서울특별시 강동구 고덕로 240 신동아아파트, 3동
101호

이명재

경기도 성남시 분당구 동판교로 275 풍성신미주아
파트 109동 701호 (삼평동, 붓들마을)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1485016704

과제번호 ARQ201804052003

부처명 환경부

과제관리(전문)기관명 한국환경산업기술원

연구사업명 지중환경오염위해관리기술개발사업(R&D)

연구과제명 지중환경 오염경로·오염물질 스마트 진단·평가·예측 현장적용 기술 개발
{Development of field application technologies for optimal diagnosis, assessment, and prediction of
contaminant fate and transport in subsurface environments}

기 여 율 1/1

과제수행기관명 고려대학교 산학협력단

연구기간 2018.06.01 ~ 2020.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

관측관정 내부에 배치된 상부패커;

상기 상부패커의 하부에 배치되어 상기 상부패커와의 공간을 조사 심도 구간으로 한정하는 하부패커;

상기 조사 심도 구간 내에 배치되어 지하수를 양수하는 수중펌프;

상기 관측관정 외부에서 상기 조사 심도 구간까지 연장 배치되고, 상기 수중펌프에 연결되어 상기 수중펌프에 의해 양수된 지하수를 외부로 유출하는 양수관;

상기 관측관정 외부에서 상기 조사 심도 구간까지 연장 배치되어 상기 조사 심도 구간에 회복 시험수를 주입하는 주입관;

상기 양수관과 상기 주입관을 연결하도록 배치된 우회관;

상기 양수관, 상기 주입관 및 상기 우회관 사이에서 지하수의 공급 경로를 개폐하는 밸브류; 및

(i) 양수시험 요청에 따라 상기 수중펌프를 구동시키고, 상기 밸브류를 제어하여 상기 수중펌프에 의해 양수된 지하수를 상기 우회관을 경유하여 상기 조사 심도 구간에 재주입하고, (ii) 일정 시간이 경과함에 따라 상기 밸브류를 제어하여 상기 수중펌프에 의해 양수된 지하수를 상기 관측관정 외부로 배출시키는 양수시험을 수행하고, (iii) 상기 양수시험이 종료됨에 따라 상기 수중펌프의 동작을 정지시키고, 상기 밸브류를 제어하여 상기 조사 심도 구간에 대한 회복 시험을 수행하는 제어부를 포함하되,

상기 밸브류는,

상기 우회관의 연결 부위보다 높은 위치에서 상기 양수관에 체결되고, 상기 제어부의 제어에 따라 개폐되어 상기 수중펌프에 의해 양수된 지하수의 흐름을 차단 또는 허용하는 양수밸브; 및

상기 우회관에 체결되고, 상기 제어부의 제어에 따라 개폐되어 상기 수중펌프에 의해 양수된 지하수의 흐름을 차단 또는 허용하는 우회밸브를 포함하는 것을 특징으로 하는 더블패커를 이용한 구간별 수리시험 시스템.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 밸브류는,

상기 우회관의 연결 부위보다 높은 위치에서 상기 주입관에 체결되어 외부에서 공급되는 회복 시험수의 흐름을 차단 또는 허용하는 주입밸브를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 더블패커를 이용한 구간별 수리시험 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 제어부의 제어에 따라, 상기 상부패커, 상기 하부패커, 상기 수중펌프, 상기 양수관, 상기 주입관, 상기 우회관 및 상기 밸브류를 상기 관측관정 내에서 상향 또는 하향으로 이동시키는 윈치 장치를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 더블패커를 이용한 구간별 수리시험 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

에어를 공급 또는 추출하는 에어 공급 장치;

상기 상부패커에 연결되어, 상기 에어 공급 장치에서 제공되는 에어를 상기 상부패커에 공급하는 상부패커용 에어라인; 및

상기 하부패커에 연결되어 상기 에어 공급 장치에서 제공되는 에어를 상기 하부패커에 공급하는 하부패커용 에어라인을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 더블패커를 이용한 구간별 수리시험 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 조사 심도 구간 내의 압력을 측정하여 상기 제어부에 제공하는 압력 측정 장치를 더 포함하고,

상기 제어부는 상기 압력 측정값을 근거로 지하수의 수위를 산출하는 것을 특징으로 하는 더블패커를 이용한 구간별 수리시험 시스템.

청구항 7

양수시험이 요청됨에 따라 수중펌프를 구동하고, 밸브류를 제어하여 양수관과 우회관 간의 유체 경로를 오픈하여 상기 수중펌프에 의해 양수된 지하수를 상기 우회관을 경유하여 조사 심도 구간에 재주입하는 단계 - 상기 밸브류는, 상기 우회관의 연결 부위보다 높은 위치에서 상기 양수관에 체결되고 상기 수중펌프에 의해 양수된 지하수의 흐름을 차단 또는 허용하는 양수밸브와, 상기 우회관에 체결되고 상기 수중펌프에 의해 양수된 지하수의 흐름을 차단 또는 허용하는 우회밸브를 포함함;

일정 시간이 경과됨에 따라 상기 밸브류를 제어하여 상기 양수관과 상기 우회관 간의 유체 경로를 차단하고, 지하수 양수를 통한 양수시험을 수행하는 단계; 및

상기 양수시험이 종료됨에 따라 상기 수중펌프의 구동을 정지시키고, 상기 밸브류를 제어하여 상기 양수관과 상기 우회관 간의 유체 경로를 차단하고, 주입관과 상기 우회관 간의 유체 경로를 오픈하고, 관측관정에 회복 시험수를 주입하는 회복 시험을 수행하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 더블패커를 이용한 구간별 수리시험 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 회복 시험이 종료됨에 따라, 회복 시험수 주입 동작을 종료시키는 단계; 및

조사 심도 구간이 이동 요청됨에 따라, 수리시험 어셈블리를 수직 이동시켜 신규 조사 심도 구간을 설정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 더블패커를 이용한 구간별 수리시험 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 더블패커를 이용한 구간별 수리시험 시스템 및 그 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 높은 신뢰성으로 구간별 수리시험을 수행할 수 있는 더블패커를 이용한 구간별 수리시험 시스템 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 양수시험이란 동일한 대수층(aquifer)에 양수정과 관측정을 설치하여 양수정에서 양수하는 동안 양수정과 관측정에서 수위강하 또는 양수정지 후의 수위상승 상황 등을 관측하고, 그 결과에서 대수층 상수를 구하는 시험이다. 양수시험은 양수정에서 일정한 유량으로 지하수를 지속적으로 양수하면서 관측정에서의 지하수위 강하량을 주기적으로 관측하는 방식으로 수행된다. 시간에 따른 수위강하 형태는 대수층의 수리적인 특성에 따라서 다르게 나타나는데, Theis 해석해 등의 수위강하 곡선의 해석을 통하여 지하수위 유동과 관련되는 지하매질의 특성값인 수리전도도(hydraulic conductivity, K), 투수량계수(Transmissivity, T) 및 저유계수(Storativity, S)와 같은 수리상수값을 평가할 수 있다.

[0003] 지하수 관정에서 일정한 시간 동안 지하수를 양수한 후 양수를 중단하고 지하수위의 회복과정을 측정하면, 대수층의 수리상수를 파악할 수 있다. 이러한 수리시험 방법을 지하수의 회복시험(recovery test)이라고 하며, 일반적으로 양수시험의 Theis 해석해에 기반하여 수리상수를 평가한다. 회복시험 결과의 해석을 위해서는 양수시작 전의 초기 지하수위와 양수 지속시간을 반드시 알아야 한다.

[0004] 이러한 양수시험이나 회복시험과 같은 수리시험은 매질의 수리지질특성을 파악하기 위한 시험으로서, 조사 지역의 결정질 암반에 굴착된 시추공(또는 관측정)을 통하여 수행된다. 그리고, 정해진 구간의 보다 상세한 수리지질특성의 도출을 위해서 조사 심도 구간을 격리할 수 있는 더블패커를 이용하게 된다.

[0005] 더블패커를 이용하는 수리시험의 절차는, 수두 관측용 관을 통해 시험구간의 기준수위를 파악하고, 수두관측용관 내부의 지하수를 일부 양수하여 상기 기준수위를 변화시킨다. 그리고, 수두관측용관 내부의 변화된 지하수 수위가 다시 상기 기준수위로 회복되는 시간을 측정하여 상기 시험구간에서의 매질에 대한 수리지질특성을 도출한다.

[0006] 이러한 양수시험에서 수증펌프를 초기에 작동시키면 수증펌프의 주파수는 0헤르츠에서 최고치 주파수, 예를 들어 60헤르츠까지 도달한다. 최고치 주파수에 도달하는 수증펌프는 어느 펌프나 동일하다. 초기 구동시 수증펌프에 의해 초기의 수위 변화는 원하는 양수량이 나오는 것이 아니고 원하는 양수량보다 더 많은 양이 순간적으로 나왔다가 다시 줄어든다. 이는 오차 데이터(또는 노이즈 데이터)로서 대수 시험에서 도출되는 수위변화자료의 신뢰성을 훼손하는 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-0905377호(2009. 06. 23.)(수위회복 관측장치)
 (특허문헌 0002) 한국등록특허 제10-1540669호(2015. 07. 24.)(더블패커를 이용한 수리시험 장치)
 (특허문헌 0003) 한국공개특허 제10-2008-0104893호(2008. 12. 03.)(유체 채취장치)
 (특허문헌 0004) 한국공개특허 제10-2012-0112961호(2012. 10. 12.)(수리시험 장치)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 이에 본 발명의 기술적 과제는 이러한 점에 착안한 것으로, 본 발명의 목적은 수증펌프의 구동 초기에 높은 주파수 구동으로 인해 원하는 양수량보다 많은 양이 양수되어 수위변화자료의 신뢰성이 저하하는 문제를 해결할 수 있는 더블패커를 이용한 구간별 수리시험 시스템을 제공하는 것이다.

[0009] 본 발명의 다른 목적은 상기한 더블패커를 이용한 구간별 수리시험 시스템을 이용한 구간별 수리 시험 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기한 본 발명의 목적을 실현하기 위하여 일실시예에 따른 더블패커를 이용한 구간별 수리시험 시스템은, 관측관정 내부에 배치된 상부패커; 상기 상부패커의 하부에 배치되어 상기 상부패커와의 공간을 조사 심도 구간으로 한정하는 하부패커; 상기 조사 심도 구간 내에 배치되어 지하수를 양수하는 수증펌프; 상기 관측관정 외부에서 상기 조사 심도 구간까지 연장 배치되고, 상기 수증펌프에 연결되어 상기 수증펌프에 의해 양수된 지하수를 외부로 유출하는 양수관; 상기 관측관정 외부에서 상기 조사 심도 구간까지 연장 배치되어 상기 조사 심도 구간에 회복 시험수를 주입하는 주입관; 상기 양수관과 상기 주입관을 연결하도록 배치된 우회관; 상기 양수관, 상기 주입관 및 상기 우회관 사이에서 지하수의 공급 경로를 개폐하는 밸브류; 및 (i) 양수시험 요청에 따라 상기 수증펌프를 구동시키고, 상기 밸브류를 제어하여 상기 수증펌프에 의해 양수된 지하수를 상기 우회관을 경유하여 상기 조사 심도 구간에 재주입하고, (ii) 일정 시간이 경과함에 따라 상기 밸브류를 제어하여 상기 수증펌프에 의해 양수된 지하수를 상기 관측관정 외부로 배출시키는 양수시험을 수행하고, (iii) 상기 양수시험이 종료됨에 따라 상기 수증펌프의 동작을 정지시키고, 상기 밸브류를 제어하여 상기 조사 심도 구간에 대한 회복 시험을 수행하는 제어부를 포함한다.

[0011] 일실시예에서, 상기 밸브류는, 상기 우회관의 연결 부위보다 높은 위치에서 상기 양수관에 체결되고, 상기 제어부의 제어에 따라 개폐되어 상기 수증펌프에 의해 양수된 지하수의 흐름을 차단 또는 허용하는 양수밸브; 및 상기 우회관에 체결되고, 상기 제어부의 제어에 따라 개폐되어 상기 수증펌프에 의해 양수된 지하수의 흐름을 차

단 또는 허용하는 우회밸브를 포함할 수 있다.

- [0012] 일실시예에서, 상기 밸브류는, 상기 우회관의 연결 부위보다 높은 위치에서 상기 주입관에 체결되어 외부에서 공급되는 회복 시험수의 흐름을 차단 또는 허용하는 주입밸브를 더 포함할 수 있다.
- [0013] 일실시예에서, 상기 더블패커를 이용한 구간별 수리시험 시스템은 상기 제어부의 제어에 따라, 상기 상부패커, 상기 하부패커, 상기 수중펌프, 상기 양수관, 상기 주입관, 상기 우회관 및 상기 밸브류를 상기 관측관정 내에서 상향 또는 하향으로 이동시키는 윈치 장치를 더 포함할 수 있다.
- [0014] 일실시예에서, 상기 더블패커를 이용한 구간별 수리시험 시스템은, 에어를 공급 또는 추출하는 에어 공급 장치; 상기 상부패커에 연결되어, 상기 에어 공급 장치에서 제공되는 에어를 상기 상부패커에 공급하는 상부패커용 에어라인; 및 상기 하부패커에 연결되어 상기 에어 공급 장치에서 제공되는 에어를 상기 하부패커에 공급하는 하부패커용 에어라인을 더 포함할 수 있다.
- [0015] 일실시예에서, 상기 더블패커를 이용한 구간별 수리시험 시스템은 상기 조사 심도 구간 내의 압력을 측정하여 상기 제어부에 제공하는 압력 측정 장치를 더 포함할 수 있다. 여기서, 상기 제어부는 상기 압력 측정값을 근거로 지하수의 수위를 산출할 수 있다.
- [0016] 상기한 본 발명의 목적을 실현하기 위하여 일실시예에 따른 더블패커를 이용한 구간별 수리시험 방법은, 양수시험이 요청됨에 따라 수중펌프를 구동하고, 밸브류를 제어하여 양수관과 우회관 간의 유체 경로를 오픈하는 단계; 일정 시간이 경과됨에 따라 상기 밸브류를 제어하여 상기 양수관과 상기 우회관 간의 유체 경로를 차단하고, 지하수 양수를 통한 양수시험을 수행하는 단계; 및 상기 양수시험이 종료됨에 따라 상기 수중펌프의 구동을 정지시키고, 상기 밸브류를 제어하여 상기 양수관과 상기 우회관 간의 유체 경로를 차단하고, 주입관과 상기 우회관 간의 유체 경로를 오픈하고, 관측관정에 회복 시험수를 주입하는 회복 시험을 수행하는 단계를 포함한다.
- [0017] 일실시예에서, 상기 회복 시험이 종료됨에 따라, 회복 시험수 주입 동작을 종료시키는 단계; 및 조사 심도 구간이 이동 요청됨에 따라, 수리시험 어셈블리를 수직 이동시켜 신규 조사 심도 구간을 설정하는 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0018] 이러한 더블패커를 이용한 구간별 수리시험 시스템 및 그 방법에 의하면, 조사 심도 구간에서 수중펌프에 의해 초기 양수된 지하수를 다시 조사 심도 구간에 주입한 후 양수시험을 수행함으로써, 수중펌프의 구동 초기에 높은 주파수 구동으로 인해 원하는 양수량보다 많은 양이 양수되어 수위변화자료의 신뢰성이 저하하는 문제를 해결할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0019] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 더블패커를 이용한 구간별 수리시험 시스템을 개략적으로 설명하기 위한 구성도이다.
- 도 2는 도 2에 도시된 영역 A에 배치된 대수층 시험 어셈블리를 개략적으로 설명하기 위한 사시도이다.
- 도 3a는 초기 양수시험에 대응하는 지하수의 흐름 제어를 개략적으로 설명하기 위한 도면이고, 도 3b는 양수시험에 대응하는 지하수의 흐름 제어를 개략적으로 설명하기 위한 도면이고, 도 3c는 양수시험 종료에 대응하는 지하수의 흐름 제어를 개략적으로 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 더블패커를 이용한 구간별 수리시험 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명을 보다 상세하게 설명하고자 한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0021] 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다. 첨부된 도면에 있어서, 구조물들의 치수는 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대하여 도시한 것이다.
- [0022] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의

해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.

- [0023] 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0024] 또한, 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0025] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 더블패커를 이용한 구간별 수리시험 시스템을 개략적으로 설명하기 위한 구성도이다. 도 2는 도 1에 도시된 영역 A에 배치된 대수층 시험 어셈블리를 개략적으로 설명하기 위한 사시도이다.
- [0026] 도 1 및 도 2를 참조하면, 더블패커를 이용한 구간별 수리시험 시스템은, 상부패커(110), 하부패커(120), 수중펌프(130), 양수관(140), 주입관(150), 우회관(160), 밸브류(170) 및 제어부(180)를 포함한다.
- [0027] 상부패커(110)는 상부 튜브(112), 제1 커넥터(114) 및 제2 커넥터(116)를 포함하고, 관측관정 내부에 배치된다. 상부패커(110)의 중앙부는 지상으로 지하수를 양수할 수 있도록 관통되게 제작될 수 있고, 상부패커(110)의 상/하부의 호스, 즉 양수관(140) 및 주입관(150)이 연결될 수 있도록 한다. 상부패커(110)의 몸체는 상부패커(110)의 하부와 양수관(140) 및 주입관(150)로 연결된 수중펌프(130)의 동작을 위해 전력선이 매립되도록 제작하며, 차수가 될 수 있도록 한다.
- [0028] 관측관정은 나공 상태로 지중에 형성된 관측정과 지중에 삽입된 관측관을 포함할 수 있다. 상기 관측관은 일부 영역에 복수의 슬릿들이 형성되어 지하수가 유입되는 유공간부와 슬릿들이 형성되지 않은 무공간부를 포함할 수 있다.
- [0029] 본 실시예에서, 상부패커(110), 하부패커(120), 수중펌프(130), 양수관(140), 주입관(150), 우회관(160) 및 밸브류(170)는 관측정 내부에 배치될 수도 있고, 관측관 내부에 배치될 수도 있다. 본 실시예에서, 상부패커(110), 하부패커(120), 수중펌프(130), 양수관(140), 주입관(150), 우회관(160) 및 밸브류(170)는 수리시험 어셈블리로 정의될 수 있다. 상기한 구성 요소들, 즉 수리시험 어셈블리가 관측정 내부에 배치된 경우 암반층과 같이 단단히 지중 영역에서 구간별 수리시험이 수행되고, 상기한 수리시험 어셈블리가 관측관 내부에 배치된 경우 대수층 영역에서 구간별 수리시험이 수행될 수 있다.
- [0030] 하부패커(120)는 하부 튜브(122), 제3 커넥터(124) 및 제4 커넥터(126)를 포함하고, 상부패커(110)의 하부에 배치되어 상부패커(110)와의 공간을 조사 심도 구간으로 한정한다. 본 실시예에서, 관측관정이 채용되는 경우, 상기한 조사 심도 구간은 관측관정의 슬릿 형성 영역에 대응할 수 있다. 상부패커(110)와 하부패커(120)는 와이어로 연결되며, 조사 심도 구간은 와이어의 길이 조절을 통해 조절한다.
- [0031] 수중펌프(130)는 상기 조사 심도 구간 내에 배치되고, 펌프 전선(132)을 경유하여 제어부(180)에 연결되어 제어부(180)의 제어에 응답하여 기동된다. 즉, 수중펌프(130)는 상부패커(110)와 하부패커(120) 사이에 배치되어, 제어부(180)의 제어에 따라 양수 시험을 위한 양수 동작을 수행한다.
- [0032] 양수관(140)은 관측관정 외부에서 상기 조사 심도 구간까지 연장 배치되고, 수중펌프(130)에 연결되어 상기 조사 심도 구간 내의 지하수를 양수한다.
- [0033] 주입관(150)은 관측관정 외부에 배치된 회복 시험수 저장조(220)에서 주입모터(230)를 경유하여 상기 조사 심도 구간까지 연장 배치되어 상기 조사 심도 구간에 회복 시험수를 주입한다.
- [0034] 우회관(160)은 양수관(140)과 주입관(150)을 연결하도록 배치된다. 우회관(160)의 관경은 양수관(140)의 관경과 동일할 수 있다. 또한 우회관(160)의 관경은 주입관(150)의 관경과 동일할 수 있다. 우회관(160)과 양수관(140)이 연결된 부위는 우회관(160)과 주입관(150)이 연결된 부위보다 높을 수 있다. 이에 따라, 양수관(140)을 통

해 우회관(160)에 도달한 지하수는 보다 원활하게 조사 심도 구간에 재주입될 수 있다.

- [0035] 밸브류(170)는 양수관(140)에 체결된 양수밸브(172) 및 우회관(160)에 체결된 우회밸브(174)를 포함하고, 양수관(140), 주입관(150) 및 우회관(160) 사이에서 지하수의 공급 경로를 가이드한다. 양수밸브(172)는 우회관(160)의 연결 부위보다 높은 위치에서 양수관(140)에 체결되고, 제어부(180)의 제어에 따라 개폐되어 수중펌프(130)에 의해 양수된 지하수의 흐름을 차단 또는 허용한다. 우회밸브(174)는 우회관(160)에 체결되고, 제어부(180)의 제어에 따라 개폐되어 수중펌프(130)에 의해 양수된 지하수의 흐름을 차단 또는 허용한다.
- [0036] 밸브류(170)는 주입밸브(176)를 더 포함할 수 있다. 주입밸브(176)는 우회관(160)의 연결 부위보다 높은 위치에서 주입관(150)에 체결되어 외부에서 공급되는 회복 시험수의 흐름을 차단 또는 허용한다.
- [0037] 제어부(180)는 양수시험 요청에 따라 수중펌프(130)를 구동시키고, 밸브류(170)를 제어하여 수중펌프(130)에 의해 양수된 지하수를 우회관(160)을 경유하여 상기 조사 심도 구간에 재주입한다. 이어, 제어부(180)는 일정 시간이 경과함에 따라 밸브류(170)를 제어하여 수중펌프(130)에 의해 양수된 지하수를 관측정 외부로 배출시키는 양수시험을 수행한다. 이어, 제어부(180)는 상기 양수시험이 종료됨에 따라 수중펌프(130)의 동작을 정지시키고, 밸브류(170)를 제어하여 상기 조사 심도 구간에 대한 회복 시험을 수행한다.
- [0038] 본 발명의 일실시예에 따른 더블패커를 이용한 구간별 수리시험 시스템은 원치 장치(190)를 더 포함할 수 있다. 원치 장치(190)는 와이어(192), 거치대(194), 롤러(196) 및 원치 모터(198)를 포함하고, 제어부(180)의 제어에 따라, 상부패커(110), 하부패커(120), 수중펌프(130), 양수관(140), 주입관(150), 우회관(160) 및 밸브류(170)를 관측관정 내에서 상향 또는 하향으로 이동시킨다.
- [0039] 본 실시예에서, 더블패커를 이용한 구간별 수리시험 시스템은 에어 공급 장치(202), 상부패커용 에어라인(204) 및 하부패커용 에어라인(206)을 더 포함할 수 있다. 에어 공급 장치(202)는 상부패커(110) 및 하부패커(120)에 에어를 공급하거나 상부패커(110) 및 하부패커(120)에서 에어를 추출한다. 상부패커용 에어라인(204)은 상부패커(110)에 연결되어, 에어 공급 장치(202)에서 제공되는 에어를 상부패커(110)에 공급한다. 이에 따라, 상부패커(110)는 에어의 공급에 따라 팽창되어 지하수가 조사 심도 구간의 상부에 유입되는 것을 차단한다. 하부패커용 에어라인(206)은 하부패커(120)에 연결되어 에어 공급 장치(202)에서 제공되는 에어를 하부패커(120)에 공급한다. 이에 따라, 하부패커(120)는 에어의 공급에 따라 팽창되어 지하수가 조사 심도 구간의 하부에 유입되는 것을 차단한다.
- [0040] 상부패커용 에어라인(204)과 하부패커용 에어라인(206)은 연통될 수도 있고 각각이 연통되지 않고 별도의 유로를 형성할 수도 있다. 예를 들어, 별도의 유로를 형성하는 경우, 상부패커(110)과 하부패커(120)의 팽창 정도나 팽창 타이밍을 독립적으로 조절할 수 있게 된다.
- [0041] 본 실시예에서, 더블패커를 이용한 구간별 수리시험 시스템은 상기 조사 심도 구간 내에서 지하수 변동에 의한 압력을 측정하여 압력 전선(212)을 경유하여 상기 제어부(180)에 제공하는 압력 측정 장치(210)를 더 포함할 수 있다. 이에 따라, 제어부(180)는 상기 압력 측정값을 근거로 지하수의 수위를 산출할 수 있다. 즉, 압력 측정 장치(210)와 지하수의 수위면 사이의 거리가 크면 압력값이 높아 수위가 크고, 압력 측정 장치(210)와 지하수의 수위면 사이의 거리가 작으면 압력값이 낮아 수위가 낮은 원리를 이용하여 지하수의 수위를 산출할 수 있다.
- [0042] 도 3a는 양수시험 준비 기간에 대응하는 지하수의 흐름 제어를 개략적으로 설명하기 위한 도면이고, 도 3b는 양수시험에 대응하는 지하수의 흐름 제어를 개략적으로 설명하기 위한 도면이고, 도 3c는 양수시험 종료에 대응하는 지하수의 흐름 제어를 개략적으로 설명하기 위한 도면이다.
- [0043] 도 3a에 도시된 바와 같이, 양수시험 요청에 따라 조사 심도 구간의 지하수를 양수하도록 배치된 수중펌프(130)는 제어부(180)에 의해 구동되고, 밸브류(170)는 제어부(180)에 의해 제어되어, 수중펌프(130)에 의해 양수된 지하수는 우회관(160)을 경유하여 상기 조사 심도 구간에 재주입된다. 즉, 양수밸브(172)는 클로즈되고 우회밸브(174)는 오픈되어, 수중펌프(130)에 의해 양수된 지하수는 우회관(160)을 경유하여 조사 심도 구간에 재주입된다. 도 3a에서 주입관(150)에 주입밸브(176)가 배치된 것을 도시하였으나, 주입밸브(176)는 생략될 수도 있다. 한편, 주입관(150)에 주입밸브(176)가 체결된 경우, 주입밸브(176)는 클로즈될 수도 있고 오픈될 수도 있지만 클로즈되는 것이 바람직하다.
- [0044] 도 3b에 도시된 바와 같이, 일정 시간이 경과함에 따라 밸브류(170)는 제어부(180)에 의해 제어되어 수중펌프(130)에 의해 양수된 지하수를 관측정 외부로 배출시키는 양수시험이 수행된다. 즉, 양수밸브(172)는 오픈되고 우회밸브(174)는 클로즈되어, 수중펌프(130)에 의해 양수된 지하수는 양수관(140)을 통해 외부로 유출된다. 도 3b에서 주입관(150)에 주입밸브(176)가 배치된 것을 도시하였으나, 주입밸브(176)는 생략될 수도 있다. 한편,

주입관(150)에 주입밸브(176)가 체결된 경우, 주입밸브(176)는 클로즈될 수도 있고 오픈될 수도 있지만 클로즈되는 것이 바람직하다.

- [0045] 도 3c에 도시된 바와 같이, 상기 양수시험이 종료됨에 따라 수중펌프(130)의 동작은 제어부(180)에 의해 정지되고, 밸브류(170)는 제어부(180)에 의해 제어되어 상기 조사 심도 구간에 대한 회복 시험이 수행된다. 즉, 양수밸브(172)는 클로즈되고 우회밸브(174)는 클로즈되어, 주입관(150)을 통해 주입되는 회복 시험수는 조사 심도 구간에 주입된다. 도 3c에서 주입관(150)에 주입밸브(176)가 배치된 것을 도시하였으나, 주입밸브(176)는 생략될 수도 있다. 한편, 주입관(150)에 주입밸브(176)가 체결된 경우, 주입밸브(176)는 오픈되어 외부에서 주입되는 회복 시험수가 원활하게 조사 심도 구간에 도달될 수 있도록 유체 경로를 형성한다.
- [0046] 이처럼, 조사 심도 구간의 기준 수위를 파악하고, 상기 조사 심도 구간의 지하수를 일부 양수하여 상기 기준 수위를 변화시킨다. 이때, 초기에 양수되는 지하수는 외부로 유출시키지 않고 다시 조사 심도 구간으로 재주입한 후 일정 시간이 경과되면 양수되는 지하수를 외부로 유출시켜 지하수의 기준 수위를 변화시킨다. 그리고, 지하수위가 다시 상기 기준 수위로 회복되는 시간을 측정하여 상기조사 심도 구간에서의 매질에 대한 수리지질특성을 도출한다.
- [0047] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 더블패커를 이용한 구간별 수리시험 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0048] 도 1 내지 도 4를 참조하면, 제어부(180)는 양수시험이 요청되는지의 여부를 체크한다(단계 S100). 상기한 양수시험의 요청 여부에 대한 체크는 상부패커(110) 및 하부패커(120)에 의해 한정되는 조사 심도 구간이 설정된 후 이루어지는 것이 바람직하다.
- [0049] 단계 S100에서 양수시험이 요청되는 것으로 체크되면, 제어부(180)는 조사 심도 구간에 존재하는 지하수를 양수하기 위해 수중펌프(130)를 구동한다(단계 S102).
- [0050] 이어, 제어부(180)는 밸브류(170)를 제어하여 양수관(140)과 우회관(160) 간의 유체 경로를 오픈한다(단계 S104). 본 실시예에서, 수중펌프(130)를 구동한 후 양수관(140)과 우회관(160) 간의 유체 경로를 오픈하는 것을 설명하였으나, 동시에 이루어질 수도 있다.
- [0051] 이에 따라, 수중펌프(130)에 의해 양수된 지하수는 양수정을 통해 외부로 유출되지 않고 우회관(160)을 경유하여 다시 심도 조사 구간에 주입된다. 일반적으로 양수시험 시작시 기본적으로 바로 양수를 하여 지하수를 밖으로 빼버리는데, 이때 지하수를 바로 빼지 않고 상부패커(110) 및 하부패커(120) 사이의 공간, 즉 심도 조사 구간에 다시 주입하게 된다. 이런 과정은 양수량과 주입량을 동일하게 하므로 수위변화가 발생하지 않는다. 즉, 수중펌프(130)는 작동하지만 아직 양수시험이 시작된 것은 아니다.
- [0052] 이어, 제어부(180)는 설정 시간이 경과되었는 지의 여부를 체크한다(단계 S106). 상기한 설정 시간은 조작자에 의해 설정될 수 있다.
- [0053] 단계 S106에서 설정 시간이 경과된 것으로 체크되면 제어부(180)는 밸브류(170)의 개폐 동작을 제어하여 양수관(140)과 우회관(160) 간의 유체 경로를 차단한다(단계 S108).
- [0054] 제어부(180)는 지하수 양수를 통한 양수시험을 수행한다(단계 S110). 즉, 양수관(140)을 통해 양수하는 동안 수위강하 또는 양수정지 후의 수위상승 상황 등을 관측하고, 그 결과에서 대수층 상수를 구한다. 시간에 따른 수위강하 형태는 대수층의 수리적인 특성에 따라서 다르게 나타나는데, Theis 해석해 등의 수위강하 곡선의 해석을 통하여 지하수위 유동과 관련되는 지하매질의 특성값인 수리전도도(hydraulic conductivity, K), 투수량계수(Transmissivity, T) 및 저유계수(Storativity, S)와 같은 수리상수값을 평가할 수 있다.
- [0055] 제어부(180)는 양수시험의 종료 여부를 체크한다(단계 S112).
- [0056] 단계 S112에서 양수시험이 종료되지 않은 체크되면 종료될 때까지 대기하고, 단계 S112에서 양수시험이 종료된 것으로 체크되면 제어부(180)는 수중펌프(130)의 동작을 정지시킨다(단계 S114).
- [0057] 이어, 제어부(180)는 밸브류(170)를 제어하여 양수관(140)과 우회관(160) 간의 유체 경로를 차단하고, 주입관과 우회관(160) 간의 유체 경로를 오픈한다(단계 S116).
- [0058] 이어, 제어부(180)는 관측정에 회복 시험수가 주입되도록 제어하여 회복 시험을 수행한다(단계 S118).
- [0059] 이어, 제어부(180)는 회복 시험의 종료 여부를 체크한다(단계 S120). 단계 S120에서 회복 시험이 종료된 것으로 체크되지 않으면 단계 S118로 피드백한다. 단계 S120에서 회복 시험이 종료된 것으로 체크되면 제어부(180)는

회복 시험수의 주입 동작을 종료한다(단계 S122).

[0060] 이어, 제어부(180)는 조사 심도 구간의 이동 요청 여부를 체크한다(단계 S124). 단계 S124에서 조사 심도 구간의 이동이 요청되는 것으로 체크되면 제어부(180)는 수리시험 어셈블리가 상향 또는 하향으로 이동되도록 제어하여 신규 심도 조사 구간을 설정한 후(단계 S126), 단계 S100으로 피드백한다. 본 실시예에서, 수리시험 어셈블리는 도 1 및 도 2에 도시된 상부패커(110), 하부패커(120), 수중펌프(130), 양수관(140), 주입관(150), 우회관(160) 및 밸브류(170)를 포함할 수 있다. 동작시, 상부패커(110) 및 하부패커(120)에서 에어를 추출하여 패커들(110, 120)을 축소시킨 후 윈치 장치(190)를 이용하여 상기한 수리시험 어셈블리를 상향 또는 하향으로 이동시킨다. 이어, 상부패커(110) 및 하부패커(120)에 에어를 공급하여 팽창시켜 새로운 심도 조사 구간을 설정한다.

[0061] 이상에서 설명된 바와 같이, 본 발명에 따르면 조사 심도 구간에서 수중펌프에 의해 초기 양수된 지하수를 다시 조사 심도 구간에 주입한다. 이에 따라 양수량과 주입량은 동일하게 되므로 수위변화가 발생하지 않고 수중펌프는 작동은 하지만 아직 양수시험은 시작되지 않는다. 이어, 수중펌프의 구동 주파수가 안정화된 후 양수시험을 수행하므로써, 수중펌프의 구동 초기에 높은 주파수 구동으로 인해 원하는 양수량보다 많은 양이 양수되어 수위 변화자료의 신뢰성이 저하되는 문제를 해결할 수 있다.

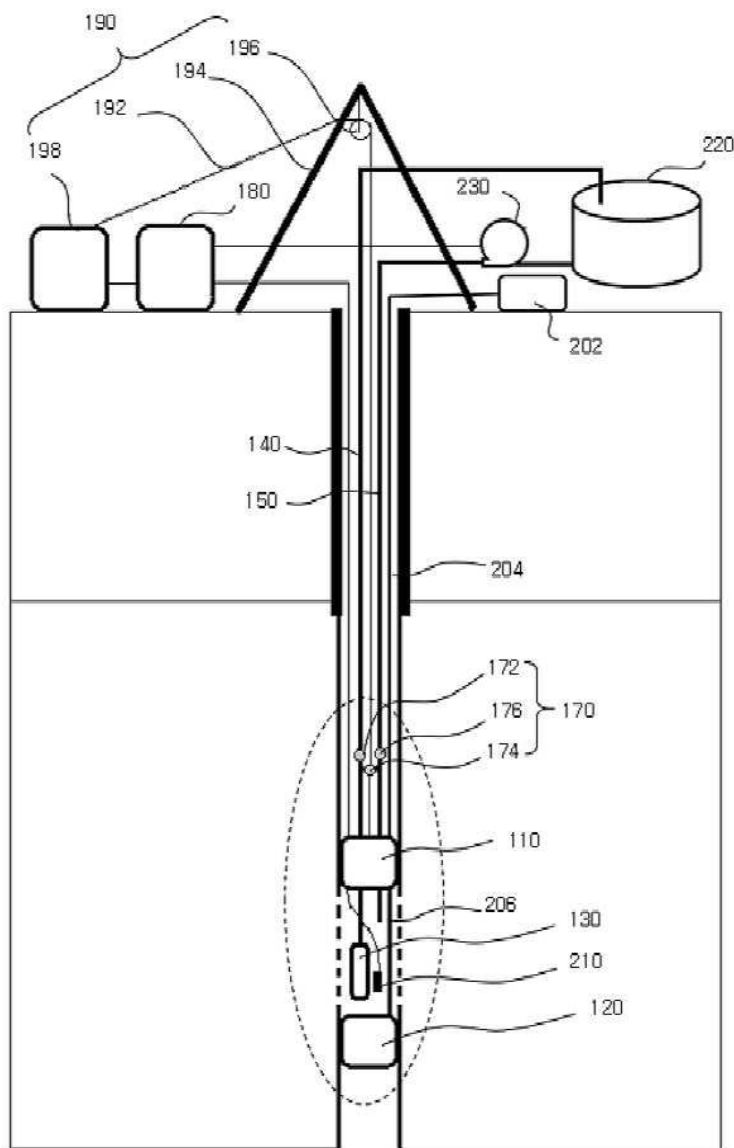
[0062] 이상에서는 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

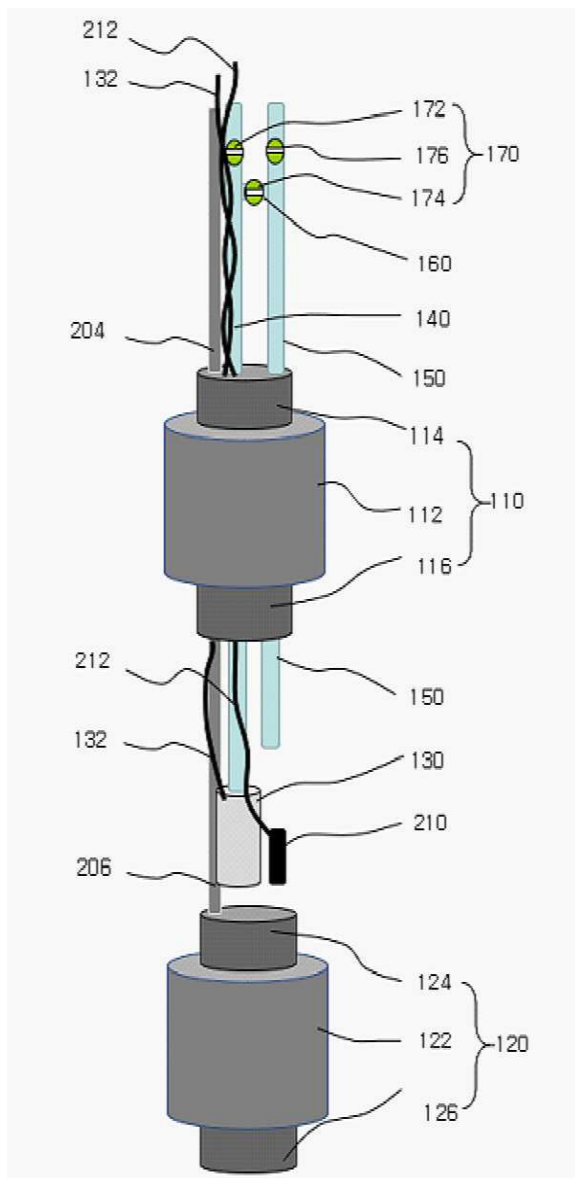
[0063]	110 : 상부패커	112 : 상부 튜브
	114 : 제1 커넥터	116 : 제2 커넥터
	120 : 하부패커	122 : 하부 튜브
	124 : 제3 커넥터	126 : 제4 커넥터
	130 : 수중펌프	140 : 양수관
	150 : 주입관	160 : 우회관
	170 : 밸브류	180 : 제어부
	190 : 윈치 장치	192 : 와이어
	194 : 거치대	196 : 롤러
	198 : 윈치 모터	202 : 에어 공급 장치
	204 : 상부패커용 에어라인	206 : 하부패커용 에어라인
	210 : 압력 측정 장치	

도면

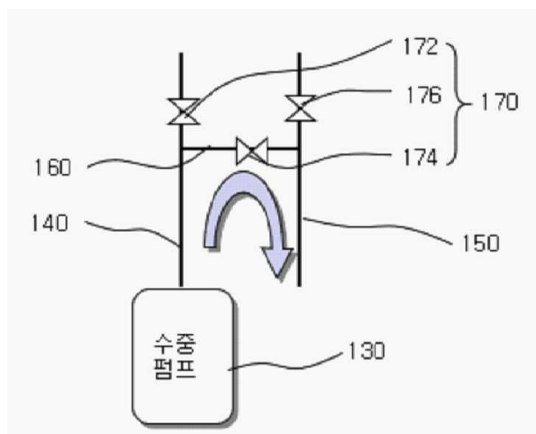
도면1



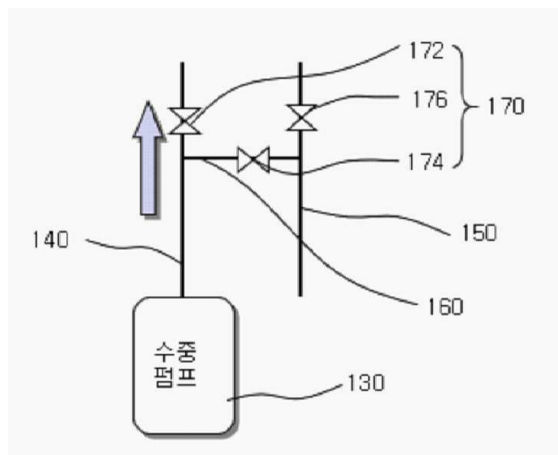
도면2



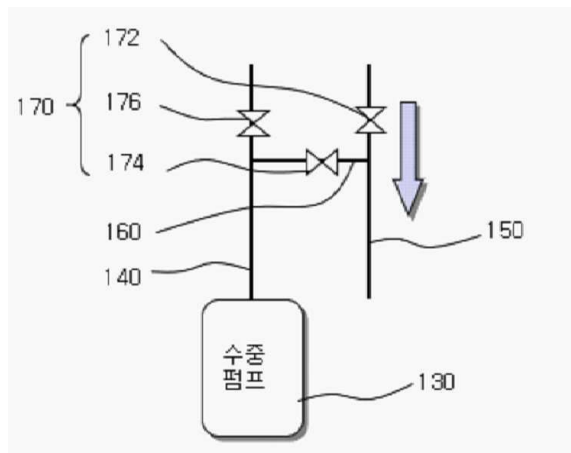
도면3a



도면 3b



도면3c



도면4

