(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년02월19일
(11) 등록번호 10-2078634
(24) 등록일자 2020년02월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
E03F 5/00 (2006.01) *F15D 1/02* (2006.01)
(52) CPC특허분류
E03F 5/00 (2013.01)
E02D 29/10 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0159096
(22) 출원일자 2018년12월11일
심사청구일자 2018년12월11일
(56) 선행기술조사문헌
이동섭, kawaike kenji, 류시완, "극한 도심홍수 방어를 위한 최적 수리성능 대심도터널 원천설계 기술 개발" 물과미래 학술기사 vol.49, No.8, 2016.8*
조한일,이경수,류시완, "수평관 내 물-공기 이상류 거동에 관한 실험적 연구" 한국안전학회지, vol.21, No.1, pp. 75-81, 2017.2*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
창원대학교 산학협력단
경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20(퇴촌동)
(72) 발명자
류시완
경상남도 창원시 의창구 사림로99번길 23-1(사림동)
이경수
경상남도 창원시 성산구 가음로57번길 26-15(남양동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인충정

전체 청구항 수 : 총 6 항 심사관 : 윤광호

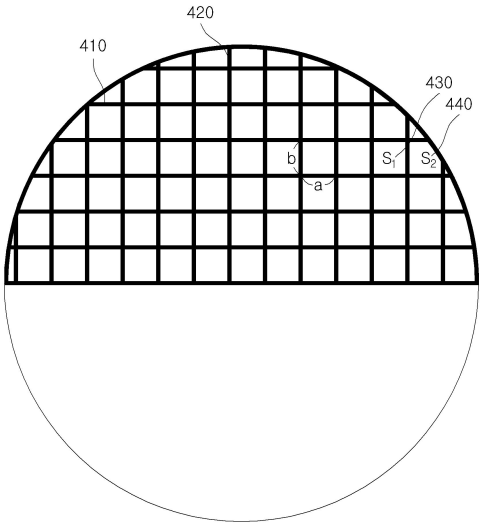
(54) 발명의 명칭 **터널 내 공기 제어 시스템**

(57) 요 약

본 발명은 터널 내 공기 제어 시스템을 개시하여, 다량의 유체가 유입되는 유입부, 상기 유입부를 통해 유입된 유체가 잔류하는 단면이 원형인 원통형 구조로 형성되는 통로부, 상기 유입부를 통해 유입된 유체에 의해 생성된 공기가 배출되는 공기 유출부 및 상기 통로부 내에 설치되어, 수평 프레임 및 수직 프레임이 교차 배열되어 복수의 격자공간이 형성되는 격자 구조물을 포함한다.

본 발명을 통해 대심도 터널 내부 공기를 효과적으로 제어하여 공기의 흐름을 안정화시켜 터널에서 발생하는 분출 현상의 발생을 억제할 수 있고, 대심도 터널 내 존재하는 공기의 압력을 감소시켜 추후 대심도 터널의 수리성능(repair performance)을 향상시킬 수 있다.

대 표 도 - 도3



(52) CPC특허분류
F15D 1/02 (2013.01)
F17D 5/00 (2013.01)
(72) 발명자
곽성현
경상남도 창원시 의창구 사림로45번길 82-7, 2층 안채(사림동)

고주석
부산광역시 동래구 쇠미로 91, 4동 409호(사직동, 동일파크맨션)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1615009401
부처명 국토교통부
연구관리전문기관 국토교통과학기술진흥원
연구사업명 국토교통기술촉진연구사업
연구과제명 극한 도심 홍수방어를 위한 최적 수리 성능 대심도터널(왕복 4차선 이상) 원천설계기술개발
기 여 율 1/1
주관기관 한국건설기술연구원
연구기간 2017.04.26 ~ 2018.12.25

명 세 서

청구범위

청구항 1

다량의 유체가 유입되는 유입부;

상기 유입부를 통해 유입된 유체가 잔류하는 단면이 원형인 원통형 구조로 형성되는 통로부;

상기 유입부를 통해 유입된 유체에 의해 생성된 공기가 배출되는 공기 유출부; 및

상기 통로부 내에 설치되어, 수평 프레임 및 수직 프레임이 교차 배열되어 복수의 격자공간이 형성되는 격자 구조물을 포함하며,

상기 격자 구조물의 형상은 반원 또는 반타원 형상인 것을 특징으로 하는 터널 내 공기 제어 시스템.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 수평 프레임 및 수직 프레임의 재질은 스테인리스강(stainless steel)인 것을 특징으로 하는 터널 내 공기 제어 시스템.

청구항 4

다량의 유체가 유입되는 유입부;

상기 유입부를 통해 유입된 유체가 잔류하는 단면이 원형인 원통형 구조로 형성되는 통로부;

상기 유입부를 통해 유입된 유체에 의해 생성된 공기가 배출되는 공기 유출부; 및

상기 통로부 내에 설치되어, 수평 프레임 및 수직 프레임이 교차 배열되어 복수의 격자공간이 형성되는 격자 구조물을 포함하며,

상기 격자공간은,

중심영역에 형성되어 사각형 형상을 가지는 제1 격자공간 및 상기 통로부와 맞닿는 영역에 형성되어 곡선이 포함된 형상을 가지는 제2 격자공간으로 구성되는 것을 특징으로 하는 터널 내 공기 제어 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제1 격자공간 및 제2 격자공간의 면적과 격자 간격은 상기 통로부의 높이를 고려하여 결정되는 것을 특징으로 하는 터널 내 공기 제어 시스템.

청구항 6

다량의 유체가 유입되는 유입부;

상기 유입부를 통해 유입된 유체가 잔류하는 단면이 원형인 원통형 구조로 형성되는 통로부;

상기 유입부를 통해 유입된 유체에 의해 생성된 공기가 배출되는 공기 유출부; 및

상기 통로부 내에 설치되어, 수평 프레임 및 수직 프레임이 교차 배열되어 복수의 격자공간이 형성되는 격자 구조물을 포함하며,

상기 격자 구조물은 상기 공기 유출부 뒤쪽으로 인접하게 위치하는 것을 특징으로 하는 터널 내 공기 제어 시스

템.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 격자 구조물은 상기 통로부 높이의 절반 이하의 높이로 형성되는 것을 특징으로 하는 터널 내 공기 제어 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 터널 내 공기 제어 시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 대심도 터널 내로 급격하게 유입되는 유량에 의해 발생하는 분출(Geysering) 현상을 억제하는 터널 내 공기 제어 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 대심도(大深度) 터널은 터널공법(Tunnel Boring Machine, TBM)을 통해 약 30 내지 60 m 까지 땅을 파 지하에 도로나 철도 등을 건설하는 방식으로 건설되는 터널을 말한다. 지가 급등, 지상 설치시설 등으로 도심에서 추가 용지 확보가 갈수록 어려워지면서 대심도 터널은 최근들어 주목 받고 있는 신개념 도로이다. 대심도 터널을 통해 지상에서의 대기오염을 줄일 수 있고, 지상에서의 소음과 진동을 거의 느낄 수 없기 때문에, 지상의 환경을 크게 개선할 수 있다는 이점이 있다.

[0003] 한편, 현재 매년 반복적으로 발생되는 재해인 국지성 집중호우로 인한 도심지 저지대 침수에 대한 대책으로 지하방수로가 이용되고 있는데, 이 경우 앞서 언급한 대심도 터널을 홍수 방어용으로 활용할 수 있다. 대심도터널은 하도와 더불어 첨두홍수량을 분담함으로써 잠재적인 홍수피해의 가능성을 저감시킬 수 있으며, 저류시설 설치를 위한 지상공간의 확보가 불필요하고 설계방법에 따라 도시경관을 개선할 수 있다는 이점이 있다.

[0004] 한편, 대심도 터널을 홍수 방어용으로 활용하는 경우 짧은 시간에 많은 양의 지표수가 터널 내부로 유입 되어, 상당량의 공기가 포획되고. 그 결과 터널 내부에서는 물-공기의 이상흐름이 나타날 수 있는데, 이 경우 일반적인 단상흐름과 비교하여 다양한 수리학적 현상을 일으킨다.

[0005] 물-공기의 이상흐름에 의해 발생하는 대표적인 수리학적 현상 중 하나는 대심도 터널 내부에 단시간에 많은 유량이 유입함에 따라 배출되지 못한 공기(즉, 갇힌 공기)가 압축되어, 압축된 공기가 유입부 혹은 공기 배출구를 통해 물과 함께 뿜어져 나오는 분출(Geysering) 현상이다. 도 1은 분출(Geysering)현상의 일 예를 도시한 사진이다.

[0006] 터널 내부로 유입되는 유량이 적은 경우에는 공기가 수직관으로 자연스럽게 배출되지만, 유입량이 많은 경우에는 공기가 배출되기 전에 유입부로의 지속적인 유량 유입으로 인해 공기가 압축되고, 압축된 공기가 물과 함께 수직관을 통해 폭발적으로 배출될 수 있다.

[0007] 도 1에 도시된 바와 같이, 이러한 분출 현상이 발생하는 경우, 지상부로의 갑작스런 수충격으로 인한 인명피해 및 시설 파손의 문제가 발생할 수 있으며, 나아가 압축된 공기로 인해 터널의 구조가 손상되는 문제가 발생할 수 있다.

[0008] 분출 현상은 주로 국외에 기설치된 대규모 지하 방수로의 사례에서 문제가 되었으나, 최근 국내에서도 국지성 집중호우, 가뭄과 같은 극한 기후의 발생빈도가 높아지면서 분출 현상이 발생하는 빈도가 늘어가고 있어, 이에 대한 연구가 필요한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 상기의 문제점을 해결하고자 본 발명은 터널 내에 격자 구조물을 설치하여 터널 내 잔류공기의 비율을 감소시켜 분출(Geysering)현상을 억제하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기 기술적 과제를 해결하기 위하여 본 발명은 터널 내 공기 제어 시스템을 개시하여, 다량의 유체가 유입되는 유입부, 상기 유입부를 통해 유입된 유체가 잔류하는 단면이 원형인 원통형 구조로 형성되는 통로부, 상기 유입부를 통해 유입된 유체에 의해 생성된 공기가 배출되는 공기 유출부 및 상기 통로부 내에 설치되어, 수평 프레임 및 수직 프레임이 교차 배열되어 복수의 격자공간이 형성되는 격자 구조물을 포함한다.

[0011] 또한 상기 격자 구조물의 형상은 반원 또는 반타원 형상인 것을 특징으로 한다.

[0012] 또한 상기 수평 프레임 및 수직 프레임의 재질은 스테인리스강(stainless steel)인 것을 특징으로 한다.

[0013] 또한 상기 격자공간은, 중심영역에 형성되어 사각형 형상을 가지는 제1 격자공간 및 상기 통로부와 맞닿는 영역에 형성되어 곡선이 포함된 형상을 가지는 제2 격자공간으로 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0014] 또한 상기 제1 격자공간 및 제2 격자공간의 면적과 격자 간격은 상기 통로부의 높이를 고려하여 결정되는 것을 특징으로 한다.

[0015] 또한 상기 격자 구조물은 상기 공기 유출부 뒤쪽으로 인접하게 위치하는 것을 특징으로 한다.

[0016] 또한 상기 격자 구조물은 상기 통로부 높이의 절반 이하의 높이로 형성되는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0017] 본 발명의 실시 예들에 따른 터널 내 공기 제어 시스템에 대해 설명하면 다음과 같다.

[0018] 본 발명은 대심도 터널 내부 공기를 효과적으로 제어하여 공기의 흐름을 안정화시켜 터널에서 발생하는 분출 현상의 발생을 억제할 수 있다.

[0019] 또한 대심도 터널 내 존재하는 공기의 압력을 감소시켜 추후 대심도 터널의 수리 성능(repair performance)을 향상시킬 수 있다.

[0020] 다만, 본 발명의 실시 예들에 따른 터널 내 공기 제어 시스템이 달성할 수 있는 효과는 이상에서 언급한 것들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0021] 본 발명에 관한 이해를 돕기 위해 상세한 설명의 일부로 포함되는, 첨부도면은 본 발명에 대한 실시예를 제공하고, 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술적 사상을 설명한다.

도 1은 분출(Geysering)현상의 일 예를 도시한 사진이다.

도 2는 본 발명에 따른 터널 내 공기 제어 시스템(1000)의 구성도이다.

도 3은 본 발명에 따른 격자 구조물(400)를 도시한 것이다.

도 4는 본 발명에 따른 격자 구조물(400)이 통로부(200)에 위치한 형태를 도시한 것이다.

도 5는 본 발명에 따른 격자 구조물(400)을 통해 물-공기로 형성된 기포가 미세기포화 되는 과정을 도시한 것이다.

도 6의 (a), (b), (c)는 본 발명에 따른 터널 내 공기 제어 시스템(1000)을 모형화한 장비들을 도시한 것이다.

도 7은 도 6의 장비로 구성된 터널 내 공기 제어 시스템(1000)을 도식화 한 것이다.

도 8의 (a), (b), (c), (d), (e)는 본 발명에 따른 격자 구조물(400)의 유무에 따른 공기 유출부(300)의 시간에 따른 이미지를 도시한 것이다.

도 9의 (a). (b)는 격자 구조물(400)의 유무에 따른 통로부(200)내의 압력 변화(Pressure Variation)를 나타낸 것이다.

도 10은 본 발명에 따른 격자 구조물(400)의 유무에 따른 공기 유출부(300)주변의 최대 압력(Peak Surge Pressure)을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 본 명세서 및 특허청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정하여 해석되어서는 아니되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해서 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여, 본 발명의 기술적 사상에 부합되는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다. 따라서 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 하나의 실시예에 불과할 뿐이고, 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다. 이하에서는, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 터널 내 공기 제어 시스템을 상세하게 설명하기로 한다.

[0024] 도 2는 본 발명에 따른 터널 내 공기 제어 시스템(1000)의 구성도이다.

[0025] 본 발명에 따른 터널 내 공기 제어 시스템(1000)은 다량의 유체가 유입되는 유입부(100), 상기 유입부(100)를 통해 유입된 유체가 잔류하는 단면이 원형으로 형성되는 통로부(200), 상기 유입부(100)를 통해 유입된 유체에 의해 생성된 공기가 배출되는 공기 유출부(300) 및 상기 통로부(200) 내에 설치되어, 수평 프레임 및 수직 프레임이 교차 배열되어 복수의 격자공간이 형성되는 격자 구조물(400)을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0026] 유입부(100)는 물을 포함하는 유체(예를 들어, 지표수)가 터널 내부로 유입되는 입구이다. 유입부(100)는 지면에 존재하는 유체를 지하로 유입시키기 위해 지면의 아래 방향으로 형성되어, 콘크리트 타설 등의 방법을 통해 지중에 매설된 상태로 형성될 수 있다. 유입부(100)의 형태는 일반적으로 단면이 원형인 원통형 파이프(pipe) 형태일 수 있으나, 유체가 원활하게 유입될 수 있도록 하는 형태라면 어떤 형태로 형성되어도 무방하다.

[0027] 통로부(200)는 유입부(100)를 통해 유입된 유체가 흐르는 통로로, 유입부(100)에 연결된다. 유입부(100)를 통해 유입된 유체는 통로부(200) 내에 일정 시간 동안 잔류할 수 있다. 유체가 유입부(100)를 통해 통로부(200)로 유입되는 경우, 이러한 유체로 인해 상당량의 공기가 포획되고, 그 결과 터널 내부에서는 물-공기 이상흐름이 발생하여 일반적인 단상 흐름과는 다른 수리학적 현상이 발생할 수 있다.

[0028] 터널 내부로의 유입량이 적은 경우에는 발생한 공기가 공기 유출부(300)를 통해 자연스럽게 배출되지만, 터널 내부로의 유입량이 많은 경우에는 유입부(100)를 통해 지속적으로 유량이 유입함에 따라 배출되지 못한 공기가 압축되며, 압축된 공기가 물과 함께 유입부 혹은 공기배출구로 폭발적으로 분출되는 이른바 분출(Geysering)현상이 발생하게 된다. 이러한 분출 현상은 지상부에 큰 피해를 유발할 수 있다.

[0029] 통로부(200)는 유체의 흐름을 원할할 수 있도록 단면이 원형인 원통형 구조로 형성될 수 있다. 통로부(200)의 높이(또는 직경), 길이 등은 주변 환경 요인에 따라 적절한 수치로 정해질 수 있다.

[0030] 공기 유출부(300)는 유체의 흐름으로 인하여 발생한 공기(air)를 지상으로 배출하기 위한, 이른바 수직관 또는 수직갱(vertical shaft)으로 통로부(200)내 유입수에 의한 잔류 공기(또는 갇힌 공기)를 배출하는 역할을 수행한다. 이러한 공기 유출부(300)는 통로부(200)에 수직하게 연결되어 지면 방향으로 향하도록 설치될 수 있다.

[0031] 격자 구조물(400)은 유체의 흐름으로 인하여 발생한 공기(air)와 잔류하는 물로 인하여 형성된 물-공기의 계면을 가지는 이상류를 미세기포로 변화시켜 유입 초기의 최대 압력을 감소시키는 역할을 한다. 이는 물-공기로 형성되는 커다란 유체가 격자 구조물(400)을 통과하면서 작은형태의 기포로 변화되기 때문인데, 이러한 격자 구조물(400)의 상세한 구조에 대해서는 도 3 내지 도 5를 참조하여 설명한다.

[0033] 도 3은 본 발명에 따른 격자 구조물(400)를 도시한 것이다.

[0034] 도 3을 참조하면, 본 발명에 따른 격자 구조물(400)은 상기 통로부(200) 내에 설치되어, 수평 프레임(410) 및 수직 프레임(420)이 교차 배열되어 복수의 격자공간이 형성되는 구조를 가진다.

[0035] 격자 구조물(400)의 정면 형상은 반원 또는 반타원형일 수 있다. 이는 격자 구조물(400)이 원통형 구조를 가지는 통로부(200) 위쪽과 맞닿고, 통로부(200)의 높이(직경)의 절반의 길이로 형성되는 것에 기인한다.

[0036] 상기 수평 프레임(410) 및 수직 프레임(420)의 재질은 부식성이 높은 스테인리스강(stainless steel)일 수 있으며, 좀 더 구체적으로는 오스테나이트계 스테인리스강으로 니켈(Ni) 8 ~ 11 %, 크롬(Cr) 18 ~ 20 %를 함유하는 SUS 304일 수 있다.

[0037] 상기 격자공간은 수평 프레임(410)과 수직 프레임(420)이 교차 배열됨으로 형성되는데, 이러한 교차 배열은 수평 프레임(410)과 수직 프레임(420)이 직교하는 형태의 배열일 수 있다. 이 경우, 중심영역에는 사각형 형상을 가지는 제1 격자공간(430)과 통로부(200) 상부와 맞닿는 부분에 형성되는 제2 격자공간(440)이 형성될 수 있다. 여기서 중심영역은 외곽에 형성되는 상기 제2 격자공간(440)을 제외한 영역을 의미한다.

[0038] 제1 격자공간(430)은 정사각형, 직사각형의 형태를 가질 수 있으며, 제2 격자공간(440)은 통로부(200) 상부와 맞닿는 부분이 곡선으로 구성되기 때문에 직선과 곡선이 동시에 형성된 모양을 가질 수 있다.

[0039] 상기 제1 격자공간(430)의 면적(S_1) 및 제2 격자공간(440)의 면적(S_2), 그리고 격자공간의 길(a, b)는 일률적으로 정해지지 않고, 통로부(200)의 높이를 고려하여 결정될 수 있다. 통로부(200)의 높이(직경)가 길어지는 경우, 격자공간의 면적을 크게 형성할 수 있으며, 일 실시예로서, 통로부(200) 높이의 약 5 내지 10 %의 비율로 격자공간의 길이(a,b)가 형성될 수 있다.

[0040] 격자 구조물(400)에 형성된 제1 격자공간(430) 및 제2 격자공간(440)을 통하여 물-공기로 형성된 큰 사이즈의 기포 대부분을 미세 기포로 분해시킬 수 있다.

[0042] 도 4는 본 발명에 따른 격자 구조물(400)이 통로부(200)에 위치한 형태를 도시한 것이고, 도 5는 본 발명에 따른 격자 구조물(400)을 통해 물-공기로 형성된 기포가 미세기포화 되는 과정을 도시한 것이다.

[0043] 격자 구조물(400)의 높이(d)는 통로부(200) 높이(c)의 절반 또는 절반이하로 형성될 수 있다. 격자 구조물(400)의 높이가 통로부(200) 높이의 절반 이상으로 형성되는 경우, 아래쪽에 흐르는 유체의 흐름을 방해할 수 있기 때문이다. 따라서 통로부(200) 아래쪽에 흐르는 유체의 흐름에 미치는 영향을 최소화하면서 미세 기포로의 분해가 극대화되도록 격자 구조물(400)의 높이(d)를 통로부(200) 높이(c)의 절반 이하로 형성하는 것이 바람직하다.

[0044] 한편, 격자 구조물(400)은 공기 유출부(300) 뒤쪽으로 인접하게 위치하는 것이 바람직하다. 통로부(200)의 최대 압력은 유체의 진행방향에 따라 공기가 압축되는 공기 유출부(300)의 좌측보다 우측이 높게 나타난다는 것이 실험적으로 확인되었다. 따라서 유체의 진행방향을 기준으로 공기 유출부(300)의 우측, 즉 공기 유출부(300) 뒤쪽으로 격자 구조물(400)을 설치하는 것이 압력을 감소시키는 효과가 보다 현저하다.

[0045] 도 4에는 격자 구조물(400)이 단일하게 설치되는 것을 도시하였는데, 효과를 극대화시키기 위해 공기 유출부(300) 뒤쪽으로 추가적인 격자 구조물(400)울 설치하는 것도 가능하다.

[0046] 도 5는 이와 같은 격자 구조물(400)을 통해 물-공기로 형성되는 기포가 미세기포화 되는 과정을 도시한 것이다. 앞서 언급한 바와 같이 유입된 유체로 인해 상당량의 공기가 포획되는 경우 터널 내부에서 물-공기 이상 흐름이 발생한다. 이 때, 물-공기 계면이 격자 구조물(400)을 통과할 때, 상기 큰 사이즈의 기포를 미세기포로 분해시켜 유입 초기에 발생하는 최대 압력을 대폭적으로 감소시킨다. 이러한 미세 기포화는 큰 사이즈를 갖는 기포와 격자 구조물(400)의 각 프레임(410, 420)의 접촉으로 인해 이루어진다.

[0048] 도 6의 (a), (b), (c)는 본 발명에 따른 터널 내 공기 제어 시스템(1000)을 모형화한 장비들을 도시한 것이고, 도 7은 도 6의 도시된 장비로 구성된 터널 내 공기 제어 시스템을 도식화 한 것이다.

[0049] 터널 내부에서의 잔류공기 비율에 따른 공기 흐름의 양상을 규명하기 위하여 터널을 모형화한 관에서 실험적 연구를 수행하였다. 도 6의 (a)는 본 발명에 따른 격자 구조물(400)을, 도 6의 (b), (c)는 격자 구조물(400)이 설치된 터널을 각각 모형화한 것이다. 여기서 수평관은 통로부(200)를, 수직관은 공기 유출부(300)를, Grid Plate는 격자 구조물(400)에 대응될 수 있다.

[0050] 도 7은 도 6의 모형화한 장비를 통해 구성된 터널 내 공기 제어 시스템(1000)을 도식화 한 것으로, 직경 80 ㎜ 투명 아크릴관으로 제작된 수평관 내부에 일정한 수두(水頭)를 가지는 물을 공급하여 관 내 잔류공기가 수직관을 통해 배출되는 현상을 재현한 것이다. Grid Plate의 형성된 격자 공간은 약 5(㎜) * 5(㎜) 로 설계되었는데, 이는 격자의 한변이 수평관 직경의 약 6.25 % 인 수치이다.

[0051] 수평관 내 Grid Plate를 설치하고, 수직관의 좌측(S1), 우측(S4), 그리고 수직관 내부(S3)에 각각 압력센서를 설치한 후, 수평관 내 압력 변화 및 압축된 공기가 수직관을 통해 배출될 때의 최대 압력을 설치된 각 센서를 통해 살펴 보았다. 측정된 최대 압력 수치는 도 10을 참조하여 설명한다.

[0053] 도 8의 (a), (b), (c), (d), (e)는 본 발명에 따른 격자 구조물(400)의 유무에 따른 공기 유출부(300)의 시간에 따른 이미지를 도시한 것이다.

[0054] 도 6은 시간 순서에 따른 수직관 내의 변화를 촬영한 이미지로, (a)는 0.425(s), (b)는 0.925(s), (c)는 1.425(s), (d)는 1.925(s), (e)는 2.425(s)에서의 이미지이다.

[0055] 각 도면에서 왼쪽은 Grid Plate가 없는 경우의 수직관을, 오른쪽은 Grid Plate가 있는 경우의 수직관을 나타낸다. 도 6을 참조하면, 도 6의 (a), (b)까지는 유체가 동일한 흐름을 보인다. 그러나 도 6의 (c)에서 왼쪽에서는

유입수가 계속하여 유입되는 반면, 오른쪽에서는 Grid Plate에 의해 에어 포켓(Air Pocket)이 기포(Bubble)로 변하여 흐름의 반대 방향으로 이동하는 것을 확인할 수 있다. 이는 물-공기 계면이 Grid Plate를 통과 할 때 미세기포로 변화하였음을 의미한다.

[0056] 한편, 압축된 공기가 수직관을 통해 방출되는 경우, 왼쪽은 긴 에어 포켓 의 형태로, 오른쪽은 다량의 기포와 에어 포켓이 혼재된 형태가 나타남을 확인할 수 있다.

[0058] 도 9의 (a). (b)는 격자 구조물(400)의 유무에 따른 통로부(200)내의 압력 변화(Pressure Variation)를 나타낸 것이다.

[0059] 도 9의 (a)는 Grid Plate가 설치되지 않은 경우, (b)는 Grid Plate가 설치된 경우의 수평관 내 잔류 공기에 의한 압력을 나타낸다. 수평관 내 잔류 공기 비율이 감소함에 따라 수직관에서 발생하는 최대 압력이 감소하는 것으로 나타났다. 수평관 내에 Grid Plate를 설치하고, 흐름패턴을 변화시켜 수직관에서 발생하는 최대 압력 변화를 살펴보았다.

[0060] 실험 결과 물-공기 계면이 Grid Plate를 통과할 때 미세기포로 변화 되어 유입 초기에 발생하는 최대 압력이 감소하는 것을 확인할 수 있었고, 더불어 Grid Plate를 설치하지 않은 경우보다, 빠르게(약 20(s) 이후) 수평관 내의 압력이 안정적으로 유지되는 것을 확인할 수 있었다.

[0062] 도 10은 본 발명에 따른 격자 구조물(400)의 유무에 따른 공기 유출부(300)주변의 최대 압력(Peak Surge Pressure)을 나타낸 그래프이다.

[0063] 하기 표 1은 도 10에 도시된 그래프를 정리한 것이다.

[0064] (표 1)

	Uninstalled	Grid Plate #Trial 1	Grid Plate #Trial 2	Grid Plate #Trial 3	Grid Plate #Trial 4
S1	2.818	2.428	2.524	2.443	2.421
S3	2.386	2.253	2.235	2.149	2.184
S4	2.978	2.518	2.584	2.550	2.507

[0065]

[0066] 도 7, 도 10 및 상기 표 1을 참조하면, Grid Plate가 설치된 경우, Grid Plate가 설치되지 않은 경우보다, S1, S2, S3 위치 모두에서 최대 압력이 현저히 감소된 것을 확인할 수 있다. 구체적으로 수직관 좌측(S1)은 최대 압력이 약 13.8 % , 수직관 내부(S3)는 약 5.6 %, 수직관 우측(S4)은 약 15.4 % 감소하였다. 4 번의 반복실험 결과 모두 동일한 결과가 도출되었다.

[0067] 이와 같이 본 발명은 격자 구조물을 터널 내부에 설치함으로써, 공기의 흐름을 효과적으로 제어하여, 유체의 흐름을 안정화시키며, 나아가 수리 성능을 개선시킬 수 있다.

[0069] 이상에서 본 발명의 대표적인 실시예들을 상세하게 설명하였으나, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 상술한 실시예에 대하여 본 발명의 범주에서 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 변형이 가능함을 이해할 것이다. 그러므로 본 발명의 권리범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 안되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

[0070] 1000 : 터널 내 공기 제어 시스템

100 : 유입부

200 : 통로부

300 : 공기 유출부

400 : 격자 구조물

410 : 수평 프레임 420 : 수직 프레임

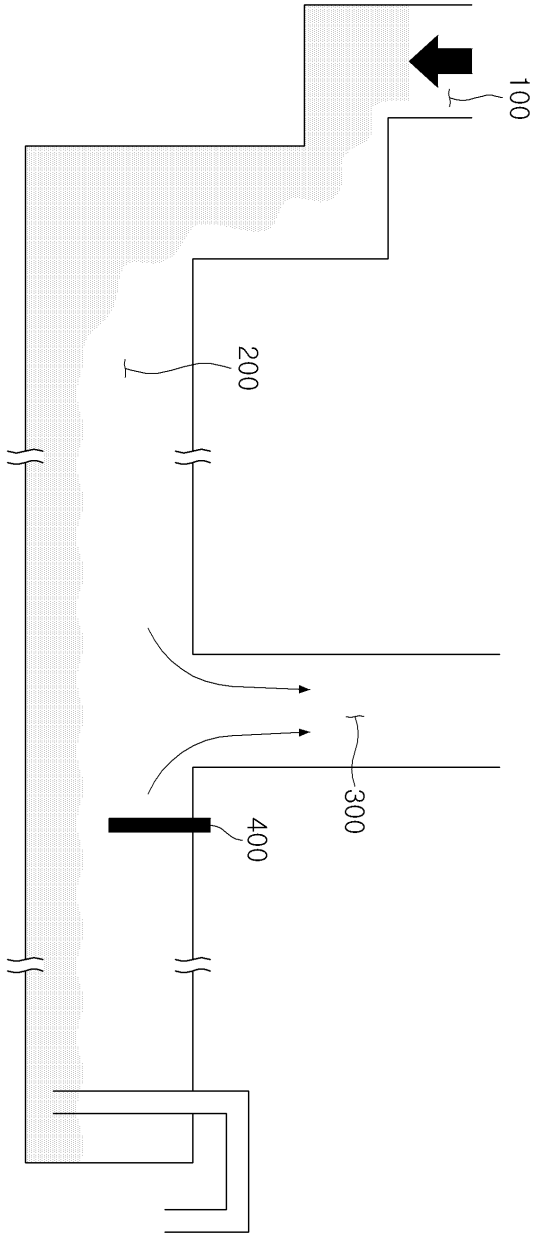
430 : 제1 격자공간 440 : 제2 격자공간

도면

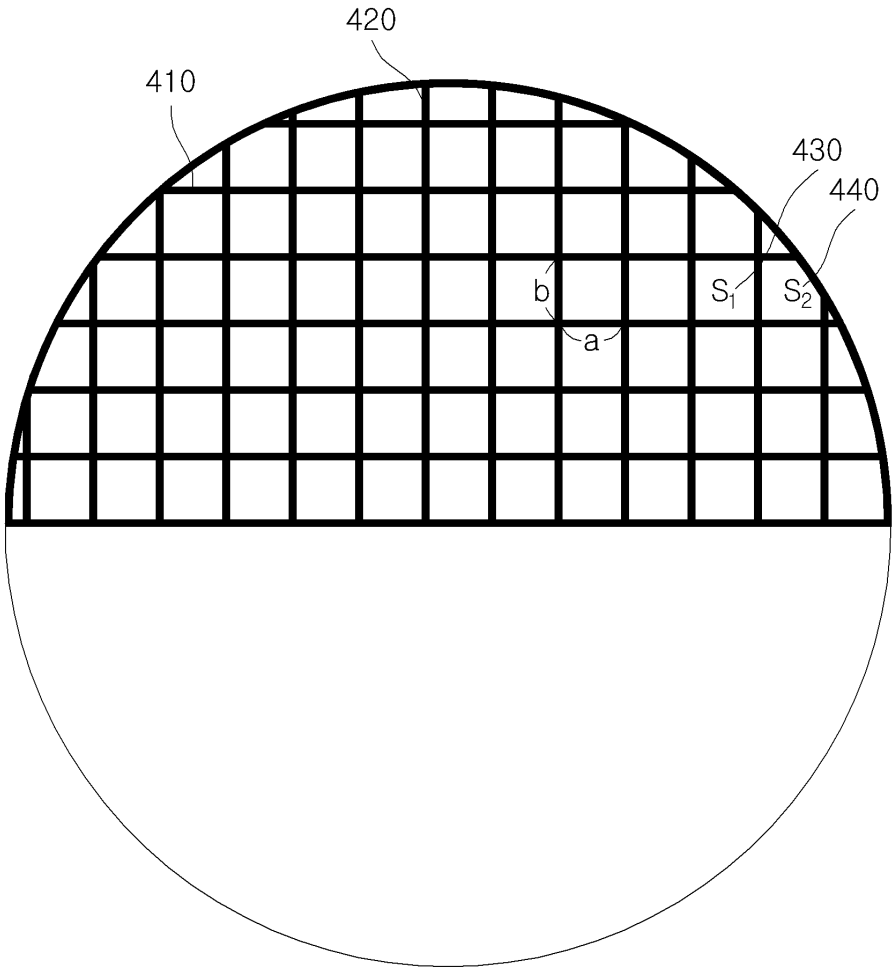
도면1



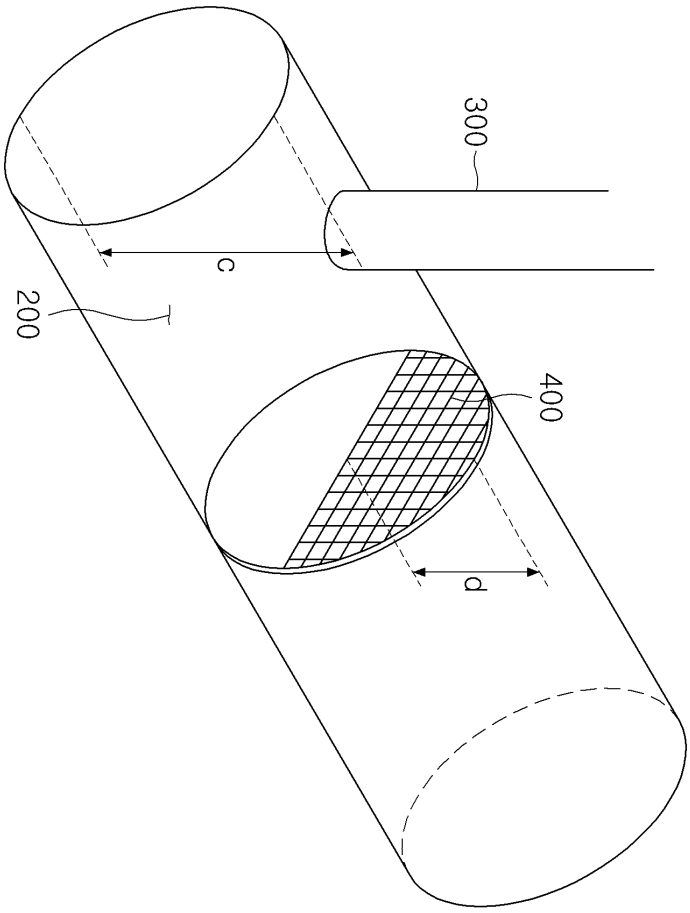
도면2



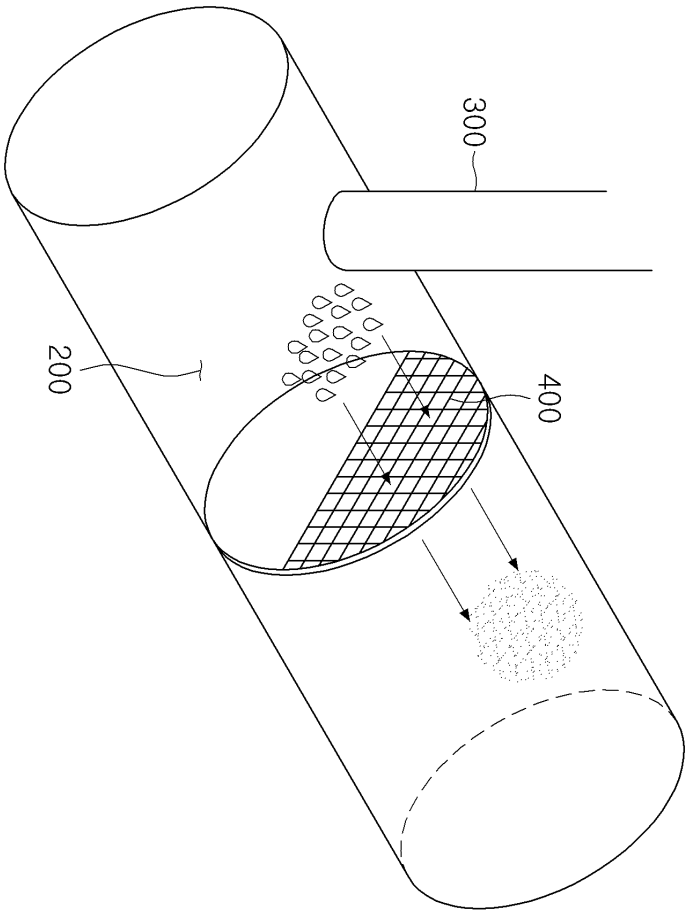
도면3



도면4



도면5

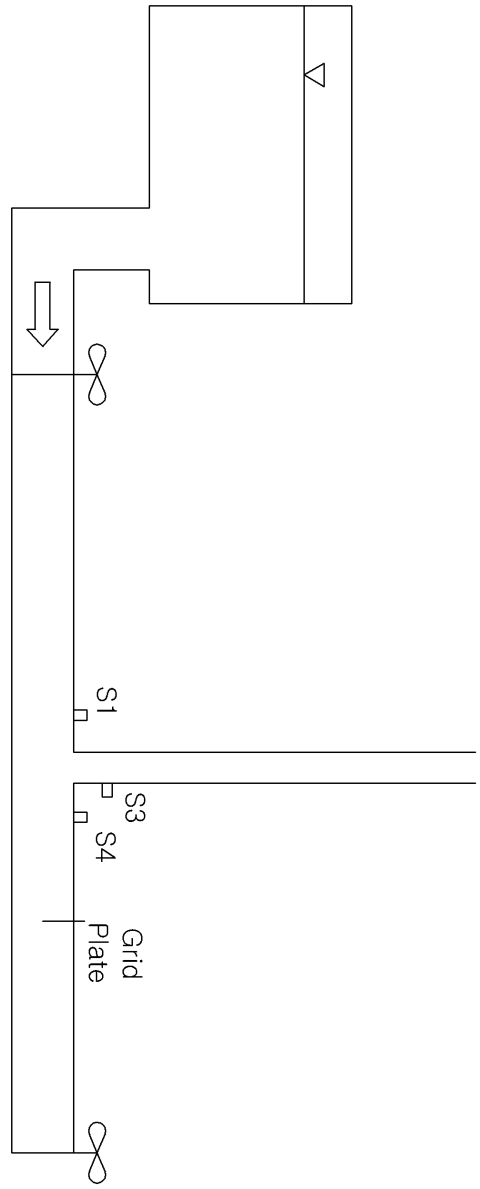


도면6

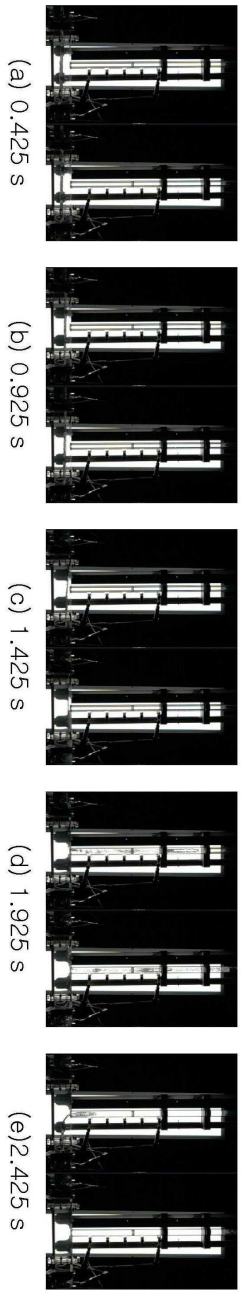


(a) (b) (c)

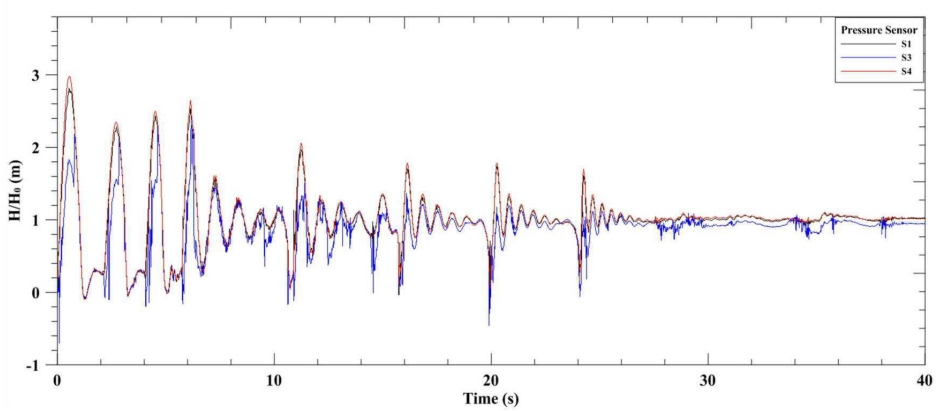
도면7



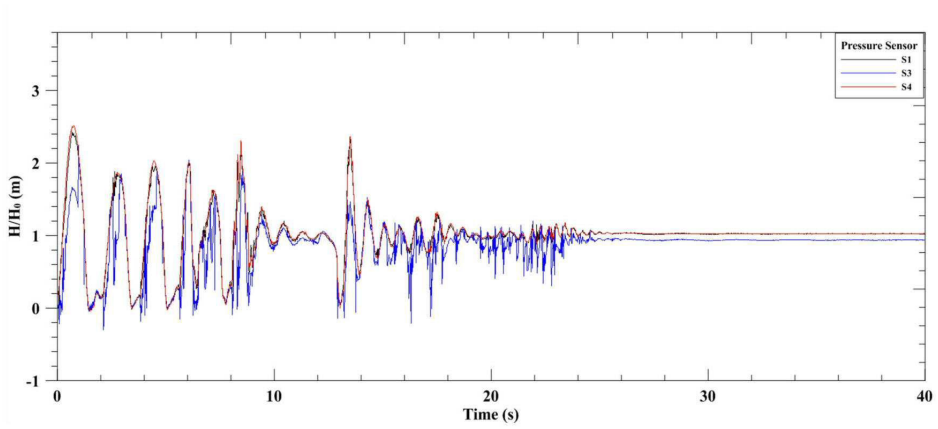
도면8



도면9

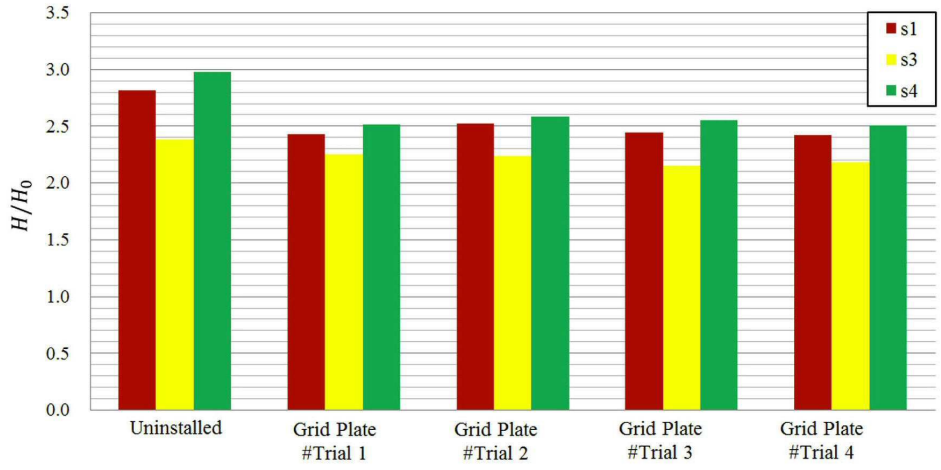

Pressure Sensor
S1
S3
S4
H/H₀ (m)
Time (s)
3
2
1
0
-1
0
10
20
30
40

(a)


Pressure Sensor
S1
S3
S4
H/H₀ (m)
Time (s)
3
2
1
0
-1
0
10
20
30
40

(b)

도면10


s1
s3
s4
H/H0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
Uninstalled
Grid Plate #Trial 1
Grid Plate #Trial 2
Grid Plate #Trial 3
Grid Plate #Trial 4