



(19) 대한민국 지식재산청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2026년03월16일
(11) 등록번호 10-2939605
(24) 등록일자 2026년03월11일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G21C 19/07 (2006.01) G21C 19/40 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G21C 19/07 (2013.01)
G21C 19/40 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2023-7039935
- (22) 출원일자(국제) 2022년04월19일
심사청구일자 2023년11월20일
- (85) 번역문제출일자 2023년11월20일
- (65) 공개번호 10-2023-0172577
- (43) 공개일자 2023년12월22일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2022/025362
- (87) 국제공개번호 WO 2022/225939
국제공개일자 2022년10월27일
- (30) 우선권주장
63/176,496 2021년04월19일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
JP2004028939 A
JP2012047290 A
US3515638 A
JP2010037789 A

- (73) 특허권자
홀텍 인터내셔널
미국 08104 뉴저지 캠던 원홀텍 불리바드
- (72) 발명자
싱 크리쉬나 피.
미국 33477 플로리다 주피터 490 마리너 로드
- (74) 대리인
김성호

전체 청구항 수 : 총 32 항

심사관 : 이용호

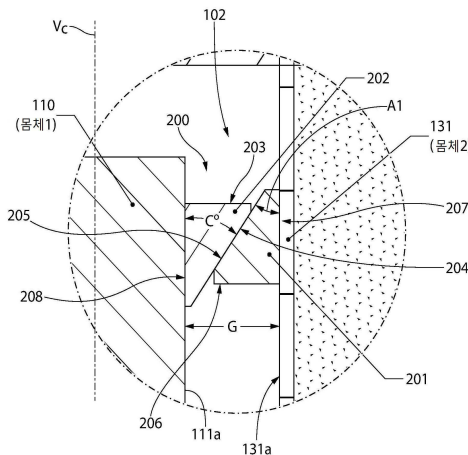
(54) 발명의 명칭 핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템

(57) 요약

일 실시 형태에 있어서 핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템은 핵연료를 수용하도록 구성되는 자립형 제1 연료 저장 구성요소(FSC), 상기 제1 연료 저장 구성요소를 수용하도록 구성되는 고정형 제2 연료 저장 구성요소를 포함한다. 상기 연료 저장 구성요소 사이에서 형성된 몸체 간 간격은 최소 하나의 내진 조립체를 포함한다.

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2a



상기 조립체는 상기 제2 연료 저장 구성요소에 고정적으로 결합되는 고정형 썬기 부재 및 상기 고정형 썬기 부재에 의해 맞물리고 제자리에서 지지되는 이동 가능한 느슨한 썬기 부재를 포함한다. 상기 고정형 썬기 부재는 상기 느슨한 썬기 부재의 경사 하중 지지 표면과 슬라이드 가능하게 맞물리는 경사 하중 지지 표면을 정의한다. 지진 발생 또는 제1 연료 저장 구성요소의 열적 팽창 동안, 상기 제1 연료 저장 구성요소는 제2 연료 저장 구성요소를 향해 이동하여 몸체 간 간격을 수축시키고, 상기 느슨한 썬기 부재는 맞물림을 유지하면서 고정형 썬기 부재에 대해 수직으로 변위된다.

(52) CPC특허분류

Y02E 30/30 (2020.08)

명세서

청구범위

청구항 1

핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템에 있어서,

핵연료를 수용하도록 구성되고 수직 중심선을 정의하는 자립형 제1 연료 저장 구성요소;

상기 제1 연료 저장 구성요소를 수용하도록 구성되는 고정형 제2 연료 저장 구성요소;

상기 제1 및 제2 연료 저장 구성요소 사이에서 형성되는 몸체 간 간격; 및

상기 몸체 간 간격에 배치되고, 고정형 췌기 부재와 이동 가능한 느슨한 췌기 부재를 포함하는 적어도 하나의 내진 조립체;

상기 제2 연료 저장 구성요소에 고정적으로 결합되고, 상기 몸체 간 간격에 배치되고, 경사 하중 지지 표면을 정의하는 상기 고정형 췌기 부재; 및

상기 몸체 간 간격에 배치되고, 상기 고정형 췌기 부재의 상기 경사 하중 지지 표면과 슬라이드 가능하게 맞물리는 경사 하중 지지 표면을 정의하는 상기 느슨한 췌기 부재;

를 포함하고,

상기 제1 연료 저장 구성요소의 지진 발생 또는 열적 팽창 동안, 상기 제1 연료 저장 구성요소는 상기 몸체 간 간격을 수축시키는 상기 제2 연료 저장 구성요소를 향해 움직이고, 상기 느슨한 췌기 부재는 상기 고정형 췌기 부재에 대해 수직으로 변위되는,

핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 느슨한 췌기 부재는, 상기 느슨한 췌기 부재가 수직으로 변위될 때 그 경사 하중 지지 표면이 상기 고정형 췌기 부재의 상기 경사 하중 지지 표면을 따라 슬라이드하고 상기 고정형 췌기 부재의 상기 경사 하중 지지 표면과 접촉을 유지하도록, 구성되고 작동 가능한,

핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 고정형 췌기 부재 및 상기 느슨한 췌기 부재 모두의 상기 경사 하중 지지 표면은 그 사이의 평면 대 평면 슬라이딩 인터페이스를 정의하는 평면인,

핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 느슨한 췌기 부재 및 상기 고정형 췌기 부재는 각각 횡단면이 삼각형 형상인,

핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 느슨한 췌기 부재의 상기 경사 하중 지지 표면은 상기 제1 연료 저장 구성요소의 상기 수직 중심선에 대해

예각으로 배치되는,
 핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템.

청구항 6

제4항에 있어서,
 상기 고정형 썬기 부재는, 상기 고정형 썬기 부재의 하부에 위치되는 수평 표면을 포함하고, 상기 느슨한 썬기 부재는 상기 느슨한 썬기 부재의 상부에 위치되고 상기 전체 고정형 썬기 부재 위에 수직으로 이격된 수평 표면을 포함하는,
 핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,
 상기 느슨한 썬기 부재는 상기 경사 하중 지지 표면 맞은 편에 있고 상기 수평 표면을 수직으로 교차하는 수직 표면을 더 포함하는,
 핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서,
 상기 느슨한 썬기 부재는 그 수직 표면과 그 경사 하중 지지 표면의 교차점 사이의 예각 경사 각도를 정의하고, 상기 경사 각도는 임계 각도보다 대략 5% 더 크게 선택되어, 상기 느슨한 썬기 부재가 지진 발생 동안 상기 고정형 썬기 부재와 맞물린 상태를 유지하고 그것으로부터 이탈되지 않는,
 핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템.

청구항 9

제1항에 있어서,
 상기 몸체 간 간격은 상기 제1 연료 저장 구성요소의 수직 측벽과 상기 제2 연료 저장 구성요소의 수직 벽 사이에서 정의되는,
 핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템.

청구항 10

제9항에 있어서,
 상기 느슨한 썬기 부재가 수직으로 변위될 때, 상기 느슨한 썬기 부재의 상기 수직 표면은 상기 제1 연료 저장 구성요소의 상기 수직 측벽과 슬라이드 가능하게 맞물리는,
 핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템.

청구항 11

제9항에 있어서,
 상기 제1 연료 저장 구성요소는 사용후 핵연료가 들어있는 원통형 연료 캐니스터이고, 상기 제2 연료 저장 구성요소는 상기 연료 캐니스터를 수용하는 공동을 정의하는 원통형 외부 캐스크이고, 상기 몸체 간 간격은 상기 연료 캐니스터와 캐스크 사이에서 원주 방향으로 연장되는 고리인,
 핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 고리 내에 배치되는 원주방향으로 이격된 복수의 내진 조립체를 더 포함하는,
 핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템.

청구항 13

제11항에 있어서,
 상기 느슨한 썬기 부재와 상기 고정형 썬기 부재는 상보적인 아치형으로 굽은 형상을 포함하는 수평으로 연장된 금속 바(bar)로부터 형성되는,
 핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템.

청구항 14

제9항에 있어서,
 상기 제1 연료 저장 구성요소는 복수의 사용후 핵연료 조립체를 포함하는 연료 받침대이고, 상기 제2 연료 저장 구성요소의 상기 수직 벽은 상기 연료 받침대가 잠긴 물이 들어있는 사용후 연료 풀(pool)의 벽이고, 상기 몸체 간 간격은 상기 연료 받침대와 상기 연료 풀의 상기 벽 사이에서 정의되는 선형의 측면 공간인,
 핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템.

청구항 15

제14항에 있어서,
 상기 느슨한 썬기 부재와 상기 고정형 썬기 부재는 선형의 굽은 형상을 갖는 수평으로 연장된 금속 바(bar)로부터 형성되는,
 핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템.

청구항 16

제1항에 있어서,
 상기 느슨한 썬기 부재는, 제자리에 지지되고, 상기 고정형 썬기 부재의 상기 경사 하중 지지 표면에 의해서만 상기 고정형 썬기 부재를 완전히 분리하는 것이 방지되는,
 핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템.

청구항 17

제1항에 있어서,
 상기 느슨한 썬기 부재 및 상기 고정형 썬기 부재는 높이 또는 폭보다 더 긴 길이를 갖는 수평으로 연장된 금속 바(bar)로부터 형성되는,
 핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템.

청구항 18

제1항에 따른 핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템을 사용하는 방법에 있어서,
 상기 자립형 제1 연료 저장 구성요소가 반경 방향 또는 측면 방향으로 열적으로 팽창하는 단계;
 상기 몸체 간 간격이 상기 제1 연료 저장 구성요소의 열적 팽창을 통해 수축하는 단계; 및
 상기 느슨한 썬기 부재가 상기 고정형 썬기 부재와 접촉을 유지하면서 상기 고정형 썬기 부재를 따라 수직으로 위쪽으로 슬라이딩하는 단계;
 를 포함하는 핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템을 사용하는 방법.

청구항 19

핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템에 있어서,

핵연료를 수용하도록 구성되고 수직 중심선을 정의하는 자립형 제1 연료 저장 구성요소;

핵연료를 수용하도록 구성되고 수직 중심선을 정의하는 자립형 제2 연료 저장 구성요소;

상기 제1 및 제2 연료 저장 구성요소 사이에서 형성되는 몸체 간 간격;

상기 몸체 간 간격에 배치되는 적어도 하나의 내진 조립체로서, 한 쌍의 제1 및 제2 고정형 췌기 부재 및 상기 제1 및 제2 고정형 췌기 부재 사이에서 배치되는 이동 가능한 이중 테이퍼형 췌기 부재를 포함하는 상기 내진 조립체;

상기 몸체 간 간격 내에서 상기 제1 연료 저장 구성요소에 고정적으로 결합되는 상기 제1 고정형 췌기 부재;

상기 몸체 간 간격 내에서 상기 제2 연료 저장 구성요소에 고정적으로 결합되고, 그 사이의 사이 공간을 정의하기 위해 상기 제1 고정형 췌기 부재로부터 측면 방향으로 이격된 상기 제2 고정형 췌기 부재; 및

상기 사이 공간에 배치되고 상기 제1 및 제2 고정형 췌기 부재에 의해 슬라이드 가능하게 지지되는 상기 이중 테이퍼형 췌기 부재;

를 포함하고,

상기 제1 또는 제2 연료 저장 구성요소의 지진 발생 또는 열적 팽창 동안, 상기 제1 연료 저장 구성요소 간의 상기 몸체 간 간격은 수축하고, 상기 이중 테이퍼형 췌기 부재는 상기 제1 및 제2 고정형 췌기 부재에 대해 수직으로 변위되는;

핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템.

청구항 20

제19항에 있어서,

상기 이중 테이퍼형 췌기 부재는 한 쪽 상의 제1 경사 하중 지지 표면 및 맞은 편 쪽 상의 제2 경사 하중 지지 표면을 정의하고, 상기 제1 경사 하중 지지 표면은 상기 제1 고정형 췌기 부재의 대응하는 경사 하중 지지 표면과 슬라이드 가능하게 맞물리고, 상기 제2 경사 하중 지지 표면은 상기 제2 고정형 췌기 부재의 대응하는 경사 하중 지지 표면과 슬라이드 가능하게 맞물리는,

핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템.

청구항 21

제20항에 있어서,

상기 이중 테이퍼형 췌기 부재는, 상기 느슨한 췌기 부재가 수직으로 변위될 때 그 경사 하중 지지 표면이 상기 고정형 췌기 부재의 상기 경사 하중 지지 표면을 따라 슬라이드하고 상기 고정형 췌기 부재의 상기 경사 하중 지지 표면과 접촉을 유지하도록, 구성되고 작동 가능한,

핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템.

청구항 22

제20항 또는 제21항에 있어서,

상기 이중 테이퍼형 췌기 부재의 상기 제1 및 제2 경사 하중 지지 표면 및 상기 제1 및 제2 고정형 췌기 부재의 상기 경사 하중 지지 표면은 상기 제1 및 제2 고정형 췌기 부재와 상기 이중 테이퍼형 췌기 부재 사이의 평면 대 평면 슬라이딩 인터페이스를 정의하는 평면인,

핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템.

청구항 23

제20항 또는 제21항에 있어서,

상기 이중 테이퍼형 췌기 부재는 횡단면이 사다리꼴 형상의 몸체를 갖는,

핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템.

청구항 24

제20항 또는 제21항에 있어서,

상기 이중 테이퍼형 썬기 부재의 상기 제1 및 제2 경사 하중 지지 표면 각각은 수직에 대해 예각으로 경사지게 배치되는,

핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템.

청구항 25

제24항에 있어서,

각각의 상기 경사 각도는 임계 각도보다 대략 5% 더 크게 선택되어, 상기 이중 테이퍼형 썬기 부재가 지진 발생 동안 상기 제1 및 제2 고정형 썬기 부재와 맞물린 상태를 유지하고 그것으로부터 이탈되지 않는,

핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템.

청구항 26

제20항 또는 제21항에 있어서,

상기 제1 및 제2 고정형 썬기 부재 각각은 하부에 위치되는 수평 표면, 상부에 위치되는 맞은 편 수평 표면 및 그 사이에 연장된 상기 경사 하중 지지 표면을 포함하는 횡단면이 사다리꼴 형상 몸체를 갖는,

핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템.

청구항 27

제20항 또는 제21항에 있어서,

상기 제1 및 제2 자립형 연료 저장 구성요소는 각각 사용후 핵연료 풀에 잠긴 상태로 배치되도록 구성되는 연료 받침대이고, 각 연료 받침대는 다수의 사용후 핵연료 조립체를 수용하도록 구성되는,

핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템.

청구항 28

제27항에 있어서,

상기 몸체 간 간격은 상기 연료 받침대의 평평한 수직 외벽 사이에서 정의되는,

핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템.

청구항 29

제19항 내지 제21항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 이중 테이퍼형 썬기 부재 및 상기 제1 및 제2 고정형 썬기 부재는 높이 또는 폭보다 더 긴 길이를 갖는 수평으로 연장된 금속 바(bar)로부터 형성되는,

핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템.

청구항 30

제20항 또는 제21항에 있어서,

상기 이중 테이퍼형 썬기 부재는, 제자리에 지지되고, 상기 고정형 썬기 부재의 상기 경사 하중 지지 표면에 의해서만 상기 제1 및 제2 고정형 썬기 부재를 완전히 분리하는 것이 방지되는,

핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템.

청구항 31

제20항 또는 제21항에 있어서,

상기 이중 테이퍼형 썬기 부재는, 제자리에 지지되고, 상기 제1 및 제2 고정형 썬기 부재의 상기 경사 하중 지지 표면에 의해서만 상기 제1 및 제2 고정형 썬기 부재를 완전히 분리하는 것이 방지되는,

핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템.

청구항 32

제19항에 따른 핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템을 사용하는 방법에 있어서,

상기 자립형 제1 연료 저장 구성요소 및 상기 자립형 제2 연료 저장 구성요소 중 적어도 하나가 측면 방향으로 열적으로 팽창하는 단계;

상기 제1 및 제2 연료 저장 구성요소 중 적어도 하나의 상기 몸체 간 간격이 열적 팽창을 통해 수축하는 단계; 및

상기 이중 테이퍼형 썬기 부재가 상기 고정형 썬기 부재 양쪽과 접촉을 유지하면서 상기 제1 및 제2 고정형 썬기 부재를 따라 수직으로 위쪽으로 슬라이딩하는 단계;

를 포함하는 핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템을 사용하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 관련 출원에 대한 상호 참조
- [0002] 본 출원은 2021년 4월 19일에 출원된 미국 가특허 출원 제63/176,496호의 우선순위의 이익을 주장하며, 이들의 전체 내용이 참고로 포함된다.
- [0003] 본 발명은 원자력 발전 시설에 관한 것으로, 특히 지진 발생 동안 자립형 핵연료 저장 구성요소를 지지하기 위한 슬라이드 가능한 내진 조립체를 포함하는 내진 시스템 및 관련 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0004] 핵연료가 적재되고 외부 방사선 차폐 콘크리트 및 강철 오버팩 또는 캐스크에 배치되는 강철 다목적 캐니스터(MPC) 및 연료 풀에 잠긴 강철 사용후 핵연료 받침대와 같은 대규모 사용후 핵연료 저장 구성요소는 원자력 발전소에서 일상적으로 사용되는 “자립형 구성요소(FSC)”의 범주에 속한다. “자립형”이라는 용어는 이러한 연료 저장 구성요소가 다른 구조물에 고정적으로 또는 견고하게 결합되지 않는다는 것을 의미한다. 이러한 자립형 구성요소는 연료 저장 격납의 완전성을 손상시키지 않으면서 지진과 같은 지진 발생으로 인한 진동 관성 하중을 견딜 수 있게 설계되어야 한다.
- [0005] 지진 하중의 영향을 완화하기 위해, 사용후 핵연료(SNF)를 저장하는 이러한 자립형 구성요소(FSC)는 그 위에 가해지는 진동력에 의해 유발되는 덜컹거리는 움직임과 인접 구조물과의 가능한 심각한 충격으로부터 물리적으로 억제되어야 한다. 다목적 캐니스터의 경우, 지진 발생 동안 심각한 관성 하중과 그로 인한 충격으로부터 보호되어야 하는 것은 다목적 캐니스터를 수용하는 저장 캐스크의 내부 벽이다. 연료 풀에 잠긴 습식 저장소에 있는 자립형 연료 받침대의 경우, 자립형 구성요소와의 충격으로부터 보호되어야 하는 것은 주변에 위치한 받침대 또는 다른 인접한 받침대의 인접한 풀 벽이다. 자립형 구성요소와 이에 인접한 구조물, 연료 캐니스터의 거대한 외부 저장 캐스크 또는 강화 콘크리트 연료 풀 벽의 경우와 같이 고정되어 있거나, 연료 풀에서 인접한 연료 받침대의 경우와 같이 움직일 수 있음, 사이의 작은 간격(이하 “몸체 간 간격”이라고 한다.)은 자립형 구성요소의 설치를 용이하게 하고, 작동 동안 열적 성장을 가능하게 하고 지진 발생 동안 진동력에 의해 유발되는 움직임을 수용하는데 필요하다. 다목적 캐니스터의 경우, 이러한 핵 연료 저장 구성요소를 저장하는 사용후 핵연료에서 방출되는 붕괴열로 인해 자립형 구성요소가 확장함에 따라 작동 동안 직경 열적 성장만 $\pm 3/8$ 인치까지 될 수 있다.
- [0006] 몸체 간 간격에 위치될 수 있고, 지진 발생 동안 과도한 움직임의 억제를 제공하고 정상 작동 동안 핵연료 저장 구성요소의 열적 성장을 수용할 수 있는 내진에 있어서의 개선이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 핵연료 저장을 위해 구성된 자동 조절 내진 시스템을 제공한다. 일 실시 형태에 있어서의 시스템은 자립형 제1 연료 저장 구성요소와 인접한 제2 연료 저장 구성요소 사이의 몸체 간 간격에서 슬라이드 가능하게 이동 가능한 2피스 내진 조립체를 제공한다. 제2 연료 저장 구성요소는 자립형이거나 고정형일 수 있다(예: 외부 저장 캐스크 또는 연료 풀 수직 벽). 다른 일 실시형태에 있어서, 두 개의 자립형 연료 저장 구성요소 사이의 사용을 위해 슬라이드 가능하게 이동 가능한 3피스 내진 조립체가 제공된다. 어떠한 실시형태든, 하나 이상의 연료 저장 구성요소의 열적 팽창 또는 수축을 보상하는 것 외에도 지진 발생(예: 지진) 동안 연료 저장 구성요소 간의 과도한 움직임 및 충돌로부터 보호를 유리하게 제공한다.

과제의 해결 수단

[0008] 일 측면에 있어서, 핵 연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템은 다음을 포함한다: 핵연료를 수용하도록 구성되고 수직 중심선을 정의하는 자립형 제1 연료 저장 구성요소; 상기 제1 연료 저장 구성요소를 수용하도록 구성되는 고정형 제2 연료 저장 구성요소; 상기 제1 및 제2 연료 저장 구성요소 사이에서 형성되는 몸체 간 간격; 상기 몸체 간 간격에 배치되고, 고정형 썸기 부재와 이동 가능한 느슨한 썸기 부재를 포함하는 적어도 하나의 내진 조립체; 상기 제2 연료 저장 구성요소에 고정적으로 결합되고, 상기 몸체 간 간격에 배치되고, 경사 하중 지지 표면을 정의하는 상기 고정형 썸기 부재; 상기 몸체 간 간격에 배치되고, 상기 고정형 썸기 부재의 상기 경사 하중 지지 표면과 슬라이드 가능하게 맞물리는 경사 하중 지지 표면을 정의하는 상기 느슨한 썸기 부재;를 포함하고, 상기 제1 연료 저장 구성요소의 지진 발생 또는 열적 팽창 동안, 상기 제1 연료 저장 구성요소는 상기 몸체 간 간격을 수축시키는 상기 제2 연료 저장 구성요소를 향해 움직이고, 상기 느슨한 썸기 부재는 상기 고정형 썸기 부재에 대해 수직으로 변위된다. 상기 느슨한 썸기 부재는, 상기 느슨한 썸기 부재가 수직으로 변위될 때 그 경사 하중 지지 표면이 상기 고정형 썸기 부재의 상기 경사 하중 지지 표면을 따라 슬라이드하고 상기 고정형 썸기 부재의 상기 경사 하중 지지 표면과 접촉을 유지하도록, 구성되고 작동 가능하다. 상기 고정형 썸기 부재 및 상기 느슨한 썸기 부재 모두의 상기 경사 하중 지지 표면은 그 사이의 평면 대 평면 슬라이딩 인터페이스를 정의하는 평면이다. 다양한 실시 형태에 있어서, 상기 느슨한 썸기 부재와 상기 고정형 썸기 부재는 상보적인 아치형으로 굽은 형상 또는 곧은 형상의 바(bar)를 포함하는 수평으로 연장된 금속 바(bar)로부터 형성된다.

[0009] 전술한 시스템을 사용하는 방법은 다음을 포함한다: 상기 자립형 제1 연료 저장 구성요소가 반경 방향 또는 측면 방향으로 열적으로 팽창하는 단계; 상기 몸체 간 간격이 상기 제1 연료 저장 구성요소의 열적 팽창을 통해 수축하는 단계; 및 상기 느슨한 썸기 부재가 상기 고정형 썸기 부재와 접촉을 유지하면서 상기 고정형 썸기 부재를 따라 수직으로 위쪽으로 슬라이딩 하는 단계.

[0010] 다른 일 측면에 있어서, 핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템은 다음을 포함한다: 핵연료를 수용하도록 구성되고 수직 중심선을 정의하는 자립형 제1 연료 저장 구성요소; 핵연료를 수용하도록 구성되고 수직 중심선을 정의하는 자립형 제2 연료 저장 구성요소; 상기 제1 및 제2 연료 저장 구성요소 사이에서 형성되는 몸체 간 간격; 상기 몸체 간 간격에 배치되는 적어도 하나의 내진 조립체로서, 한 쌍의 제1 및 제2 고정형 썸기 부재 및 상기 제1 및 제2 고정형 썸기 부재 사이에서 배치되는 이동 가능한 이중 테이퍼형 썸기 부재를 포함하는 상기 내진 조립체; 상기 몸체 간 간격 내에서 상기 제1 연료 저장 구성요소에 고정적으로 결합되는 상기 제1 고정형 썸기 부재; 상기 몸체 간 간격 내에서 상기 제2 연료 저장 구성요소에 고정적으로 결합되고, 그 사이의 사이 공간을 정의하기 위해 상기 제1 고정형 썸기 부재로부터 측면 방향으로 이격된 상기 제2 고정형 썸기 부재; 상기 사이 공간에 배치되고 제1 및 제2 고정형 썸기 부재에 의해 슬라이드 가능하게 지지되는 상기 이중 테이퍼형 썸기 부재;를 포함하고 상기 제1 또는 제2 연료 저장 구성요소의 지진 발생 또는 열적 팽창 동안, 상기 제1 연료 저장 구성요소 간의 상기 몸체 간 간격은 수축하고, 상기 이중 테이퍼형 썸기 부재는 상기 제1 및 제2 고정형 썸기 부재에 대해 수직으로 변위된다.

[0011] 상기 이중 테이퍼형 썸기 부재는 한 쪽 상의 제1 경사 하중 지지 표면 및 맞은 편 쪽 상의 제2 하중 지지 표면을 정의하고, 상기 제1 경사 하중 지지 표면은 상기 제1 고정형 썸기 부재의 대응하는 경사 하중 지지 표면과 슬라이드 가능하게 맞물리고, 상기 제2 경사 하중 지지 표면은 상기 제2 고정형 썸기 부재의 대응하는 경사 하중 지지 표면과 슬라이드 가능하게 맞물린다. 상기 이중 테이퍼형 썸기 부재는, 상기 느슨한 썸기 부재가 수직으로 변위될 때 그 경사 하중 지지 표면이 상기 고정형 썸기 부재의 상기 경사 하중 지지 표면을 따라 슬라이드

하고 상기 고정형 췌기 부재의 상기 경사 하중 지지 표면과 접촉을 유지하도록 구성되고 작동 가능하다. 상기 이중 테이퍼형 췌기 부재의 상기 제1 및 제2 경사 하중 지지 표면 및 상기 제1 및 제2 고정형 췌기 부재의 상기 경사 하중 지지 표면은 상기 제1 및 제2 고정형 췌기 부재와 상기 이중 테이퍼형 췌기 부재 사이의 평면 대 평면 슬라이딩 인터페이스를 정의하는 평면이다. 일 실시 형태에 있어서, 상기 이중 테이퍼형 췌기 부재는 횡단면이 사다리꼴 형상의 몸체를 갖고 끝은 금속의 수평으로 연장된 바(bar)로 형성된다. 상기 제1 및 제2 고정형 췌기 부재는 유사하게 구성되거나 형성될 수 있다.

[0012] 이중 테이퍼형 췌기 부재 및 제1 및 제2 고정형 췌기 부재를 이용한 전술한 시스템을 사용하는 방법은 다음을 포함한다: 상기 자립형 제1 연료 저장 구성요소 및 상기 자립형 제2 연료 저장 구성요소 중 적어도 하나가 측면 방향으로 열적으로 팽창하는 단계; 상기 제1 및 제2 연료 저장 구성요소 중 적어도 하나의 상기 몸체 간 간격이 열적 팽창을 통해 수축하는 단계; 및 상기 이중 테이퍼형 췌기 부재가 상기 고정형 췌기 부재 양쪽과 접촉을 유지하면서 상기 제1 및 제2 고정형 췌기 부재를 따라 수직으로 위쪽으로 슬라이딩 하는 단계.

도면의 간단한 설명

[0013] 본 발명은 상세한 설명 및 첨부 도면으로부터 더욱 완전히 이해될 것이며, 이에 의해 유사한 요소는 유사하게 표시되고 다음과 같다.

도 1은 사용후 핵연료, 외부 방사선 차폐 저장 캐스크 및 그 사이에서 배치된 본 발명에 따른 내진 시스템을 포함하는 핵연료 저장 시스템의 일 실시 형태의 측면도이다.

도 2a는 도 1로부터 취해진 확대 상세도로서, 제1 작동 위치에 있어서 내진 시스템의 내진 조립체를 도시한다.

도 2b는 도 2a를 확대한 상세도이지만, 제2 작동 위치로 슬라이드 가능하게 이동되는 내진 조립체를 도시한다.

도 3은 도 1로부터 취해진 횡단면도이다.

도 4는 도 3으로부터 취해진 확대 상세도이다.

도 5는 도 1의 연료 캐니스터의 열적 팽창에 의해 가해지는 췌기 부재에 작용하는 반응력을 도시하는 내진 조립체의 이동 가능한 느슨한 췌기 부재의 일부 측면도이다.

도 6은 아래에 설명된 도 7로부터 취해진 확대 상세도로, 두 개의 자립형 연료 저장 구성요소 사이에서 사용을 위한 3피스 내진 조립체를 도시하는 상세도이다.

도 7은 사용후 핵연료 풀에 잠긴 핵연료 받침대 및 본 발명에 따른 최소 2가지 다른 유형을 포함하는 다수의 내진 조립체를 포함하는 핵연료 저장 시스템의 제2 실시 형태의 측면도이다.

도 8은 2피스 내진 조립체 중 하나를 도 7로부터 취해진 확대 상세도이고,

도 9는 도 1의 연료 캐니스터 또는 도 7의 연료 받침대에 저장될 수 있는 핵연료가 들어있는 직사각형 형태의 핵연료 조립체의 사시도이다.

모든 도면은 도식적인 것으로 고려되고 반드시 축척에 맞춰진 것은 아니다. 다른 도면에서는 부호가 매겨지지 않은 것처럼 보일 수 있는 특정 도면에 번호가 표시된 특징 또는 항목은 달리 명시되지 않는 한 동일한 특징 또는 항목이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 본 발명의 특징 및 이점은 본 발명의 양태가 구현될 수 있는 비제한적인 예시를 참조하여 본 명세서에서 도시되고 설명된다. 예시의 본 설명은 첨부된 도면 또는 사진과 관련하여 읽히도록 의도되었으며, 도면 또는 사진은 전체 기재된 설명의 일부로 간주되어야 한다. 따라서, 본 발명은 본 명세서에 개시된 단독으로 또는 다른 특징의 조합으로 존재할 수 있는 일부 가능한 비제한적인 특징의 조합을 도시하는 이러한 예시에 명시적으로 한정되어서는 안 된다.

[0015] 본 명세서에 개시된 예시의 설명에서, 방향 또는 방향에 대한 언급은 단지 설명의 편의를 위한 것이며, 본 발명의 범위를 제한하기 위한 것이 아니다. “하부”, “상부”, “수평의”, “수직의”, “위”, “아래”, “위로”, “아래로”, “상부” 및 “하부”와 같은 상대적인 용어뿐만 아니라 상대적 용어로부터 나타나는 파생어 (예: “수평으로”, “아래쪽으로”, “위쪽으로” 등)는 논의 중인 도면에서 기술되거나 도시된 바와 같은 방향으로 지칭되는 것으로 해석되어야 한다. 이러한 상대적인 용어는 단지 설명의 편의를 위한 것이고 장치가 특

정 방향으로 구성되거나 작동될 것을 요구하지 않는다. “부속된”, “고정된”, “연결된”, “결합된”, “상호 연결되는” 및 이와 유사한 용어는 달리 명시적으로 설명되지 않는 한, 이동식 또는 고정식 부착 또는 관계 뿐만 아니라 구조물이 중간 구조물을 통해 직접 또는 간접적으로 서로 고정되거나 부착되는 관계를 지칭한다.

- [0016] 본 명세서 전반에 걸쳐 사용된 바와 같이, 본 명세서에서 공개된 범위는 범위 내에 있는 모든 값을 설명하기 위한 약어로 사용된다. 범위 내의 임의의 값은 범위의 중점으로 선택할 수 있다.
- [0017] 도 1은 본 발명에 따른 핵연료 저장을 위한 자동 조절 내진 시스템(102)의 일 실시 형태를 포함하는 제1 핵연료 저장 시스템(100)의 측면면도이다. 도 2 내지 도 4는 이에 대한 추가적인 도면 및 상세도이다.
- [0018] 도 1 내지 도 4를 참조하면, 연료 저장 시스템(100)은 원통형 핵 사용후 연료 캐니스터(110)(즉, 하나의 연료 저장 구성요소) 및 원통형 외부 저장 오버팩 또는 캐스크(130)(또 다른 연료 저장 구성요소)를 포함한다.
- [0019] 캐니스터(110)는 수직 중심선(Vc)을 정의하고, 도 1에 개략적으로 도시된 바와 같이 사용후 핵연료(SNF)를 수용하는 내부 공동(113)을 정의하는 외부 셸(111)을 포함하는 원통형 몸체(110a)를 갖는 수직으로 연장된 연료 저장 구성요소 또는 용기이다. 외부 셸(111)은 캐니스터의 상부로부터 하부로 연장되는 수직으로 및 원주 방향으로 연장되는 원통형 측벽(111a)을 정의한다. 사용후 핵연료는 도 8에 도시된 연료 조립체(124)의 형태일 수 있다. 연료 캐니스터는 뉴저지 주 캠펜에 있는 홀텍 인터내셔널(Holtec International)로부터 구입할 수 있는 다목적 캐니스터(MPC)와 같은 적합한 상업적으로 구입할 수 있는 캐니스터일 수 있다. 이러한 캐니스터는 본 기술 분야에서 추가적인 자세한 설명 필요 없이 잘 알려져 있다. 연료 캐니스터(110)는 바람직하게는 스테인리스 강으로 구성되고, 캐니스터의 수직 셸(111)에 용접된 원형 뚜껑(115) 및 하부 플레이트(114)를 포함하는 완전 밀폐된 용기이다. 캐니스터(110)는 그 안에 저장된 핵연료에 대한 1차 격납을 제공하지만, 캐니스터가 수중에서 핵연료로 적재된 원자력 발전소의 사용후 연료 풀(121)로부터 제거될 때 캐니스터는 방사선 차폐되지 않고, 캐니스터는 습한 환경에서 방사선 차폐가 제공된다.
- [0020] 저장 캐스크(130)는 연료 풀(121) 외부에 있을 때 연료 캐니스터(110)에 대한 방사선 차폐를 제공한다(도 7 참조). 캐스크(130)는 강철 외부 셸(132), 강철 내부 셸(131) 및 셸 사이의 고리형 공간(137)을 포함하는 몸체(130a)를 갖는 무거운 방사선 차폐 연료 저장 구성요소 또는 용기이다. 고리형 공간(137)은 방사선 차폐 재료(133)로 채워지고, 일 실시 형태에서는 콘크리트 충전물을 포함한다. 붕소를 포함하는 재료를 포함하여 필요에 따라 콘크리트에 추가적으로 또는 콘크리트 대신에 다른 방사선 차폐 재료가 사용될 수 있다.
- [0021] 캐스크(130)는 도 1에 도시된 바와 같이, 연료 캐니스터(110)를 삽입 가능하게 수용하는 내부 공동(135)을 정의한다. 또한, 캐스크(130)는 외부 및 내부 셸(131, 132)의 하부에 용접된 고정된 강철 베이스 플레이트(136) 및 방사선 차폐를 위해 강철 및 콘크리트로 충전된 구조물인 제거 가능한 상부 뚜껑(134)을 포함한다. 뚜껑(134)은 제거되어 캐스크에 연료 캐니스터(110)를 적재할 수 있고, 그 후 교체되어 캐스크를 닫을 수 있다.
- [0022] 캐스크(130)의 내부 셸(131)은 캐니스터(110)의 원통형 측벽(111a)을 향하는 몸체 간 간격(G)의 한 쪽 상에 있는 캐스크 공동(135) 내부의 원통형 수직 벽(131a)을 정의한다.
- [0023] 캐스크(130)와 같은 저장 캐스크는 일반적으로 20피트의 높이, 연료 캐니스터를 제외하고 약 135에서 160톤의 무게, 약 6피트의 내부 셸(131)로 정의되는 내부 직경, 약 11피트의 외부 셸(132)로 정의되는 외부 직경, 약 16피트의 캐니스터(110)를 수용하는 내부 공동(135)의 높이를 갖는 거대하고 무거운 구조물인 점을 유의할 필요가 있다. 이러한 캐스크는 뉴저지 주 캠펜에 있는 홀텍 인터내셔널의 하이스토(HI-STORM) 100S 캐스크와 같은 생산자로부터 상업적으로 구입 가능하다. 이러한 구조물은 무거운 캐스크를 들어 올리고 운반하기에 충분한 리프팅 용량을 가지는 본 기술분야에서 잘 알려진 대형 트랙 구동 캐스크 크롤러로 이동해야 한다. 따라서, 모든 의도 및 목적을 위해, 캐스크가 쉽게 움직일 수 없고 상당한 열적 성장을 겪지 않기 때문에, 거대한 핵 연료 저장 캐스크는 자립형 연료 캐니스터(110)에 비해 “고정형” 연료 저장 구성요소로 간주된다.
- [0024] 연료 캐니스터(110)는 캐스크 내부 공동(135)의 직경보다 작은 외부 직경을 갖고, 따라서 전체 캐니스터 주변으로 원주 방향으로 연장되는 고리(138) 형태의 몸체 간 간격(G)을 형성한다.
- [0025] 핵연료 캐니스터(110)는 “자립형” 제1 연료 저장 구성요소로 간주될 수 있다. 이는 핵연료 캐니스터(110)가 외부 저장 캐스크(130) 내부에 고정적으로 장착되지 않고, 따라서 지진 발생에 의해 생성된 진동력에 노출될 때 자유롭게 움직임을 겪기 때문이다. 반대로 캐스크(130)는 결과적으로 본 명세서에서 설명한 바와 같이, 거대한 무거운 강철 및 콘크리트 구조와 상당한 열적 증가로 인해 고정형 제2 연료 저장 구성요소로 간주될 수 있다.
- [0026] 도 1 내지 도 4를 계속 참조하면, 일 실시 형태에 있어서의 내진 시스템(102)은 핵연료 캐니스터(110)와 외부 저장

캐스크(130) 사이에서 형성된 인터페이스(즉, 몸체 간 간격(G))에 위치되는 최소 2피스 내진 조립체(200)를 포함한다. 이러한 설치에서, 바람직하게는, 복수의 원주 방향으로 이격된 내진 조립체(200)는, 캐니스터를 모든 면 상에서 360도 지지하고, 정상 작동 동안 캐니스터의 열적 팽창 또는 수축을 동시에 허용하는 반면에 지진 발생 동안 캐니스터의 과도한 움직임을 방지하기 위하여, 몸체 간 간격(G)의 캐니스터 주위에 설치된다(예를 들어, 도 3 참조). 구속 조립체는 일부 실시 형태에 있어서 동일한 간격으로 이격될 수 있지만, 이러한 배치에 제한되지 않는다.

[0027] 비록 설명의 편의를 위해 4개의 내진 조립체(200)가 도시되었지만, 필요에 따라 다른 실시 형태에 있어서 더 적거나 더 많은 수의 내진 조립체가 제공될 수 있다. 바람직하게는, 적어도 4개의 조립체(200)가 지진 발생 동안 캐니스터의 각 사분면의 면을 반경 방향/측면 방향으로 지지하고 안정화하기 위해 제공된다. 실제로, 내진 조립체의 수는 캐니스터의 원주 주위의 고리(138)의 불균형(몸체 간 간격(G))이 성공적인 설치 및 사용을 방해하지 않도록 고리의 간격 주위에 배열될 수 있다. 하나의 바람직하지만 비제한적인 실시 형태에 있어서, 각각 캐니스터(110) 원주의 약 15도에 걸쳐 원주 방향으로 동일하게 이격된 8개의 내진 조립체(200)가 필요한 기능을 제공하기에 충분할 수 있다.

[0028] 내진 조립체(200)는 몸체 간 간격(G) 내에 적절한 곳에 수직으로 위치될 수 있다. 일 실시 형태에 있어서, 각 내진 조립체는 몸체 간 간격의 상반부에 위치되는 것이 바람직하고, 더 바람직하게는 캐니스터(110)의 상부 끝 근처의 몸체 간 간격 상부에 가장 가깝게 위치된다. 지진 발생 동안, 캐니스터에 가해지는 진동력은 캐니스터의 상부 끝을 캐스크 몸체(130a)를 향하여 반경 방향으로 바깥쪽으로 기울이거나 기울어지게 하는 경향이 있고, 진동력이 내진 조립체에 의해 안정화되지 않으면, 캐니스터의 상부 영역과 몸체 간 간격에서 접촉하게 된다. 따라서, 연료 캐니스터(110)의 상부 부분은 본 명세서에서 더 설명하는 바와 같이, 내진 조립체(200)에 의해 자동으로 조정 가능하고 이동 가능한 방식으로 반경 방향으로 지지되는 것으로 간주될 수 있다.

[0029] 각 내진 조립체(200)는 고정형 썸머 부재(201) 및 고정형 썸머 부재와 슬라이드 가능하게 맞물리는 상호 보완적으로 구성되는 이동 가능한 느슨한 썸머 부재(202)를 포함한다. 고정형 썸머 부재(201)는 캐스크 공동(135) 내부의 외부 저장 캐스크(130)의 몸체(130a)에 고정적이고 견고하게 결합된다. 보다 구체적으로, 일 실시 형태에 있어서 고정형 썸머 부재는 몸체 간 간격(G) 내의 캐스크(135) 안의 내부 썸(131)로 정의되는 원통형 수직 벽(131a)에 고정적으로 결합될 수 있다. 고정형 썸머 부재(201)는 용접, 볼트 조이기 또는 다른 기술 같이 제한 없이 본 기술 분야에서 알려진 임의의 적절한 수단에 의해 캐스크 내부 썸(131)에 고정적으로 결합될 수 있다.

[0030] 느슨한 썸머 부재(202)와 고정형 썸머 부재(201)는 높이 또는 폭보다 더 긴 길이를 갖는(설치된 위치에서 수평으로 측정된) 수평으로 연장된 금속 바(bar)로부터 형성된다. 길이는 수직 높이의 5배 보다 더 클 수 있다. 각 느슨한 썸머 부재(202)와 고정형 썸머 부재(201)는 비록 상부 및 하부 끝이 약간 잘리지만, 횡단면이 썸머 모양이고 실질적으로 삼각형인 몸체를 갖는다. “실질적으로” 라는 용어는 이러한 날카로운 모서리 영역을 제거하여 썸머의 물리적인 취급을 용이하게 하기 위해 썸머 부재의 두 개의 맞은 편의 예각으로 뾰족한 모서리가 약간 평평하게 잘렸음을 의미한다. 그러나 썸머의 전반적인 구성은 도시된 바와 같이 실질적으로 삼각형으로 유지된다.

[0031] 고정형 썸머 부재(201)는 수직 표면(207)을 정의하는 수직면, 수평 표면(206)을 정의하는 수평면 및 수직 표면과 수평 표면 사이에서 연장된 경사 또는 경사 하중 지지 표면(205)을 포함한다. 기하학적으로 말하면, 하중 지지 표면(205)은 삼각형 썸머 부재(201)의 빗변이다. 수직 표면(207)은 썸머 부재(201)의 일부로서, 캐스크 몸체(130a)(즉, 연료 저장 구성요소)의 수직 벽(131a)에 고정적으로 용접되거나 다른 방식으로 결합된다. 예각의 경사 각도(A1)는 도 2a-b에서 가장 잘 도시된 바와 같이 수직 표면(207)과 고정형 썸머 부재(201)의 경사 하중 지지 표면(205) 사이에서 정의된다.

[0032] 이동 가능한 느슨한 썸머 부재(202)는 고정형 썸머 부재(201)에 의해 슬라이드 가능하게 맞물리고 고정형 썸머 부재(201)에 의해 지지된다. 느슨한 썸머 부재(202)는 수직 표면(208)을 정의하는 수직면, 수평 표면(203)을 정의하는 수평면 및 수직 표면과 수평 표면 사이에서 연장된 경사 또는 경사 하중 지지 표면을 포함한다. 기하학적으로 말하자면, 하중 지지 표면(204)은 삼각형 썸머 부재(201)의 빗변이다. 수직 표면(208)은 썸머 부재가 고정형 썸머 부재(201)를 따라 위쪽으로/아래쪽으로 이동함에 따라 연료 캐니스터(110)(즉, 다른 연료 저장 구성요소)의 수직 측벽(111a)과 슬라이드 가능하게 맞물리는 썸머 부재(201)의 부분이다. 예각의 경사 각도(C)는 도 2a-b에서 가장 잘 도시된 바와 같이 수직 표면(208)과 느슨한 썸머 부재(202)의 경사 하중 지지 표면(204) 사이에서 정의된다.

[0033] 도 2에 도시된 각 내진 조립체(200)는 정상 작동 조건 하에서 연료 캐니스터(110)와 외부 저장 캐스크(130)의

내부 셸(131) 사이의 몸체 간 간격(G)의 일부를 닫는 역할을 한다. 구체적으로, 느슨한 썸기 부재(202)는 각각의 고정형 썸기 부재(201)와 캐니스터(110)의 수직 측벽(111a) 사이의 반경 방향 간격을 닫는다. 따라서, 각 내진 조립체의 느슨한 썸기 부재(202)는 고정형 썸기 부재에 대해 반전되어 느슨한 썸기 부재가 도시된 바와 같이 상호 보완적으로 구성된 고정형 썸기 부재에 “키”로 끼워지도록 한다. 느슨한 썸기 부재(202)에 있어서, 수평 표면(203)은 상부에 있는 반면, 고정형 썸기 부재(201)의 수평 표면(206)은 하부에 있어, 썸기 부재 사이에서 키가 있는 평면 인터페이스를 형성할 수 있도록 한다. 썸기 부재(201, 202)는 각각 직각 삼각형으로 분류될 수 있는 삼각형 몸체를 갖는다.

[0034] 고정형 썸기 부재(201)와 이동 가능한 느슨한 썸기 부재(202) 모두 적절하게 강한 금속으로 만들어지고, 바람직한 실시 형태에 있어서 내식성을 위해 스테인리스 강으로 형성될 수 있다. 이러한 구조는 썸기 간 인터페이스에서 표면 거칠기와 마찰을 증가시키는 결합된 경사 하중 지지 표면(204, 205) 상에 녹 형태가 형성되지 않도록 하여, 정상적인 캐니스터(110)의 열적 팽창/수축 동안 및 지진 발생 동안 느슨한 썸기 부재가 고정형 썸기 부재(201)를 따라 위/아래로 슬라이드 하는 능력에 부정적인 영향을 줄 수 있다.

[0035] 제1 실시 형태의 도 3 및 4에 가장 잘 도시된 바와 같이, 내진 조립체(200)의 고정형 썸기 부재(201)와 이동 가능한 느슨한 썸기 부재(202) 각각은 몸체 간 간격(G)의 곡률 반경(및 간격을 정의하는 고리(138))를 형성하는 캐니스터(110)와 캐스크(130)에 따르는 상부 화면에 있어서 아치형으로 굽은 몸체를 갖는다. 따라서, 썸기 부재(201, 202)는 연료 캐니스터(110) 및 외부 저장 캐스크(130)의 내부 셸(131)의 곡률 반경에 상보적으로 구성되는 호 부분을 형성하도록 형상으로 구부러진 금속 바(bar)를 포함한다.

[0036] 느슨한 썸기 부재(202)는 느슨한 썸기 부재가 수직으로 위쪽으로 변위될 때, 또는 지진 발생 동안 또는 캐니스터의 열적 팽창 하에 수직으로 아래쪽으로 슬라이드할 때, 그 경사 하중 지지 표면(204)이 고정형 썸기 부재의 경사 하중 지지 표면(205)을 따라 슬라이드하고 고정형 썸기 부재의 경사 하중 지지 표면(205)과 접촉하도록 구성되고 작동 가능하도록 한다. 고정형 썸기 부재(201) 및 느슨한 썸기 부재(202) 모두의 경사 하중 지지 표면은 그 사이에서 평면 대 평면 슬라이딩 인터페이스를 정의하는 평면이다.

[0037] 느슨한 썸기 부재(202)는 고정형 썸기 부재(201) 상에 제자리에 지지되고, 고정형 썸기 부재의 경사 하중 지지 표면에 의해서만 고정형 썸기 부재를 완전히 분리하는 것이 방지된다. 비제한적으로 도시된 실시 형태에 있어서, 이동 가능한 느슨한 썸기 부재(202)를 안정화하거나 지지를 제공할 수 있는 다른 구조물 또는 구성요소에 대한 다른 종류의 지지 또는 연결은 없으며, 따라서, “자유로이” 이동 가능한 것으로 간주될 수 있다.

[0038] 도 5를 추가로 참조하여, 내진 시스템(102)의 작동 이론에 있어서, 핵연료 캐니스터(110)(예를 들어, 제1 연료 저장 구성요소 또는 “몸체 1”)가 캐스크(130)(예를 들어, 제2 연료 저장 구성요소 또는 “몸체 2”)에 비해 반경 방향으로 열적으로 수축하는 경우, 이동 가능한 느슨한 썸기 부재(202)는 내진 조립체(200)에서 몸체 간 간격(G)의 폐쇄를 유지하기 위해 단순히 고정형 썸기 부재(201)의 경사 하중 지지 표면(205)을 아래쪽으로 슬라이드 할 것이다. 반면에, 캐니스터(110)(몸체 1)가 그 안에 저장된 연료 조립체(124)로부터 방출되는 캐스크 몸체(130a)(몸체 2)보다 더 많은 붕괴열로 인해 열적 효과로부터 반경 방향으로 팽창하는 경우, 느슨한 썸기 부재(202)는 느슨한 썸기 부재의 경사 각도(C)가 충분히 커서 열적 팽창으로 인해 느슨한 썸기 부재에 가해지는 외측으로 작용하는 반경 방향 힘(F)이 고정형 썸기 부재와 느슨한 썸기 부재(202) 사이의 경사 인터페이스에서의 마찰 저항력(fR)을 극복할 수 있다면 고정형 썸기 부재(201)의 경사 하중 지지 표면(205)을 따라 위쪽으로 슬라이드 할 것이다.

[0039] 경사 각도(C)가 커질수록 느슨한 썸기 부재(202)의 경사 하중 지지 표면(204)은 수평으로 평평해지고, 그 반대의 경우도 마찬가지로 유의해야 한다. 따라서, 경사 각도가 클수록 그 결과 느슨한 썸기 부재(202)가 고정형 썸기 부재(201)를 따라 슬라이드 하여 올라갈 수 있도록 수용하고 허용하는 더 평평한 하중 지지 표면(204)이 된다.

[0040] 반대로, 느슨한 썸기 부재(202)는 느슨한 썸기 부재의 경사 각도(C)가 너무 작으면, 고정형 썸기 부재(201)의 경사 하중 지지 표면(205)을 따라 위쪽으로 슬라이드 하지 않을 수 있다. 이러한 경우에 있어서, 캐니스터(110)의 반경 방향의 성장에 의해 생성되는 반경 방향의 힘(F)에 관련하여 외측으로 작용하는 열적 팽창은 고정형 썸기 부재와 느슨한 썸기 부재(202) 사이의 경사 인터페이스에서의 마찰 저항력(fR)을 극복하기에 충분하지 않을 것이다. 오히려 느슨한 썸기 부재(202)를 묶고 슬라이드 하는 것을 방지하는 압축 응력이 인터페이스에서 발생하여 그 결과 금속 용기의 열적 응력 균열이 나타나는 캐니스터(110)의 반경 방향의 열적 성장을 억제할 것이다. 따라서, 경사 각도(C)가 더 작을수록 그 결과 느슨한 썸기 부재(202)의 하중 지지 표면(204)이 더 가파르게 되어, 그 결과 마찰 계면력(fR)을 극복하고 고정형 썸기 부재(201)의 경사 하중 지지 표면(205)을 따라 위쪽으로

로 밀거나 변위시키기 위해 더 큰 열적 팽창 반경방향의 힘(F)이 필요하게 된다.

- [0041] 따라서, 느슨한 썸기 부재(202)의 적절한 경사 각도(C)는 캐니스터(110)(제1 연료 저장 구성요소 또는 몸체 1)의 반경 방향의 열적 성장 및 반경 방향의 힘(F), 즉 경사 하중 지지 표면(204, 205)의 표면 거칠기와 느슨한 썸기 부재의 무게로 인한 느슨한 썸기 부재와 고정형 썸기 부재(201) 사이의 경사 인터페이스에서의 마찰력을 고려하여 결정될 수 있다.
- [0042] 캐니스터(110)의 열적 팽창 관점으로부터, 적절한 경사 각도(C)는, 그러므로, 이동 가능한 느슨한 썸기 부재(202)가 고정형 썸기 부재(201)를 따라 반경 방향의 힘(F)과 관련된 열적 성장에 의해 위쪽으로 슬라이드하고 변위되어 압축 응력을 완화하도록 충분히 크게 될 것이다.
- [0043] 도 2 및 도 5를 참조하면, 경사 각도(C)(임계값 또는 임계각(CA)이라고 함)의 제한 값은 이동 가능한 느슨한 썸기 부재(202)를 위쪽으로 밀거나 슬라이드 가능하게 변위시키는 경향이 있는 내진 조립체 썸기의 경사 하중 지지 표면(204, 205) 사이의 인터페이스를 따라 작용하는 각 반응력(R)이 느슨한 썸기 부재의 슬라이딩 운동에 저항하는 마찰력(fR)과 같을 때다. 사실상 모든 적용 분야에 있어서, 임계 각도(CA)는 이동 가능한 느슨한 썸기 부재(202)가 고정형 썸기 부재(201)를 따라 위쪽으로 상승하여 반경 방향 힘(F)에 의해 생성되는 반경 방향의 열적 응력을 완화할 수 있을 정도로 충분히 큰 것이 바람직하다.
- [0044] 도 5를 구체적으로 참조하면, “F”는 이동 가능한 느슨한 썸기 부재(202)에 가해지는 열적 팽창 반경 방향의 힘이고, “R”은 경사 하중 지지 표면에 작용하는 각 반응력으로, 경사 인터페이스 표면에 작용하는 반경 방향 힘(F)의 수직으로 작용하는 구성요소이고, fR은 경사 하중 지지 표면 인터페이스에 작용하는 마찰력으로서 도식된 방향 힘 화살표에 의해 각 반응력(R)의 반대 방향으로 작용하는 마찰력이다.
- [0045] 고정되지 않은 이동 가능한 느슨한 썸기 부재(202)에 관한 수직 힘 평형 방정식은 다음과 같이 쉽게 설정할 수 있다.
- [0046] $R \sin C = f R \cos C$ or $f = \tan C$.
- [0047] 따라서, 고정형 썸기 부재(201)로부터 이동 가능한 느슨한 썸기 부재(202)를 이탈시키고 분출시키는 경향이 있는 수직 힘(V)은 다음과 같다: $V = R \sin C - f R \cos C$
- [0048] 상술한 바와 같이, 경사 각도(C)의 값이 클수록, 느슨한 썸기 부재(202)에 작용하는 분출력이 커진다. 따라서, 고정형 썸기 부재(201)로부터 느슨한 썸기 부재가 이탈되거나 고정 해제되면, 열적 성장 동안 어떤 방식으로든 캐니스터(110)를 구속하는 내진 조립체(200)의 능력이 완전히 무효화되므로, 이러한 상황은 피해야 한다.
- [0049] 그리고 느슨한 썸기 부재(202)에 관한 수평 힘 평형 방정식이 도출된다:
- [0050] $F = R \cos C + f R \sin C$ or $R = F / (\cos C + f \sin C)$
- [0051] 그러나 내진 조립체(200)의 설계는 전술한 열적 성장/팽창 고려사항만을 기반으로 할 수는 없다. 그러나 지진 발생 동안 발생하는 지진 하중의 경우, 열적 팽창과는 다소 다르다. 지진으로 인해 캐니스터(110)(본 예시에 있어서는 제1 연료 저장 구성요소 또는 몸체 1)에 유도되고 가해지는 큰 진동 관성력은 이동 가능한 썸기 부재(202) 상에 분출력 또는 이탈력을 가하는 경향이 있으며, 그 크기는 경사 각도(C)에 의해 결정된다: 경사 각도(C)가 클수록 분출력이 더 커진다. 전형적으로 캐니스터(110)에 가해지는 지진 발생 관련 관성력은 상당히 크기 때문에, 분출력도 이에 상응하여 더 커진다. 분출력이 충분히 큰 경우, 이동 가능한 느슨한 썸기 부재(202)가 갑자기 그 자리로부터 분출되어 측면 또는 반경 내진 시스템이 작동하지 않을 수 있다. 이러한 바람직하지 않은 상태가 발생하는 것을 방지하기 위해서, 경사 각도(C)의 올바른 값을 선택하는 것이 필요하다.
- [0052] 이상적으로, 느슨한 썸기 부재(202)의 경사 각도(C)는 임계 각도(CA)보다 약간 더 커야 한다. 그러나, 임계 각도(CA)는 가우스 분포의 방식에 따라 달라질 수 있는 느슨한 썸기 부재(202)와 고정형 썸기 부재(201) 사이의 경사 인터페이스에서의 마찰 계수에 달려있다. 신뢰할 수 있는 설계를 개발하려면, 동일한 재료로 만들어진 금속 쿠펜을 사용하여 상호작용하는 경사 하중 지지 표면(204, 205) 사이의 마찰 계수를 통계적으로 유의미한 횟수만큼의 측정을 수행하는 것이 필요하다. 평균에 세 개의 표준 편차를 더한 값은 적절한 경사 각도(C)를 정의하기 위해 사용되어야 한다. 임계값 또는 임계 각도(CA)보다 약간 더 큰 각도, 예를 들어 일부 비제한적인 실시 형태에 있어서 약 5-15% 더 큰 각도인 느슨한 썸기 부재(202)의 경사 각도의 실제 설계값을 사용함으로써, 고정형 썸기 부재(201)를 따라 이동 가능한 느슨한 썸기 부재의 상하 슬라이딩은 지진 조건에서 느슨한 썸기 부재(202)의 급작스러운 분출 또는 이탈의 위험이 발생하지 않는 것이 보장될 뿐만 아니라, 정상적인 작동 조건 동안(즉, 지진 활동이 없는) 캐니스터(110)의 열적 팽창에 필요한 슬라이딩 움직임 수용한다. 일 실시 형태에

있어서, 경사 각도(C)는 연료 캐니스터(110)의 열적 팽창을 위해 고정형 썬기 부재(201)를 따라 슬라이딩 움직임을 제공하면서 느슨한 썬기 부재(202)의 분출을 방지하기 위해 임계 각도(CA)보다 약 5% 더 클 수 있다.

[0053] 상기로부터, 최적의 경사 각도(C)는 썬기 부재(201, 202)를 위해 선택된 금속 인터페이스 재료 및 결합된 하중 지지 표면(204, 205)의 각각의 마찰 계수의 함수임이 명백하다. 상기 방정식과 다양한 설계 적용에 대한 고려 사항을 기반으로 최적의 경사 각도를 결정하는 것은 당업자의 영역 내에 있다.

[0054] 도 2a는 제1 작동 위치에 있어서 내진 조립체(200)를 도시한다. 이동 가능한 느슨한 썬기 부재(202)는 고정형 썬기 부재(201)에 비해 제1 하부 위치에 있다. 핵연료 캐니스터(제1 연료 저장 구성요소 또는 몸체 1)가 반경 방향으로 바깥쪽으로 열적으로 팽창하거나 성장할 때, 캐니스터와 외부 저장 캐스크(130)의 내부 셸(131) 사이의 몸체 간 간격(G)은 반경 치수로 폐쇄 및 수축한다. 반경 방향의 성장은 경우에 따라 +/- 3/8 인치까지 될 수 있다. 폐쇄 간격(G)에 의해 느슨한 썬기 부재(202)에 가해지는 반경 방향 힘(F)과 관련된 열적 팽창은 캐스크(130)의 내부 셸(131)에 고정적으로 결합된 고정된 고정형 썬기 부재(201)를 따라 느슨한 썬기 부재를 위쪽으로 변위시키고 구동한다. 느슨한 썬기 부재(202)는 고정형 썬기 부재(201)의 경사 하중 지지 표면(205)을 따라 위쪽으로 자동적으로 슬라이드하고, 이 이동 동안 접촉을 유지한다. 도 2b는 느슨한 썬기 부재의 새로운 두 번째 상부 위치를 도시한다. 이러한 느슨한 썬기 부재(202)의 슬라이딩 변위와 움직임은 결합된 썬기 부재 사이의 압축 응력 축적을 방출하거나 방지한다. 따라서 내진 조립체(200)는 미리 정의된 반경 방향의 성장 내에서 캐니스터(110)의 열적 팽창 정도에 따라 자동적으로 조정된다.

[0055] 캐니스터(110)에 저장된 연료 조립체(124)에 의해 방출되는 붕괴 열이 시간이 지나면서 감소함에 따라, 캐니스터는 반경 방향 치수가 줄어들고 몸체 간 간격이 넓어질 수 있다. 느슨한 썬기 부재(202)는 중력에 작용하는 힘과 느슨한 썬기 부재의 무게로 인해 고정형 썬기 부재(201)의 경사 하중 지지 표면(205)을 따라 자동적으로 아래쪽으로 다시 슬라이드 할 수 있다. 따라서, 내진 조립체(200)는 미리 정의된 반경 방향 운동 범위 내에서 캐니스터(110)의 열적 팽창 또는 수축 정도에 따라 자동으로 조정되는 것이 유리하다. 캐니스터(110)에 저장된 사용 후 핵연료의 열 부하에 기초하여 내진 시스템(102)의 사용 동안 예상될 수 있는 적절한 반경 방향 운동의 최대 범위를 용이하게 결정하는 것은 당업자의 범위 내에 있다.

[0056] 도 7 및 도 8은 본 발명에 따른 핵연료 저장을 위해 앞서 설명한 자동 조절 내진 시스템(102)의 제1 실시 형태를 사용하는 또 다른 유형의 핵연료 저장 시스템(100)을 도시한다. 느슨한 썬기 부재(202)와 고정형 썬기 부재(201)를 포함하는 내진 조립체(200)는 사용 후 핵연료 조립체(124)를 수용하는 사용 후 핵연료 풀(121) 내의 사용 후 핵연료 저장 받침대의 내진을 제공하기 위해 수중 연료 저장 환경에서 적용된다.

[0057] 본 명세서에서 간결성을 위해 “연료 풀”로도 지칭되는 사용 후 핵연료(SNF) 풀(121)은 풀 물(W)에 표면 수준까지 채워져 있다. 전형적인 연료 풀(121)은 비제한적인 예시로서 대략 40피트의 총 깊이를 가질 수 있다.

[0058] 연료 풀(121)은 수평의 평평한 바닥 슬래브(121b)로부터 위쪽으로 상승하는 복수의 수직 벽(121a)을 포함하고, 이들 모두는 두꺼운 강화 콘크리트 구조로 형성되어 풀 물이 들어가기 위한 수밀 수조를 형성할 수 있다. 두꺼운 콘크리트 상부 패드(121c)는 연료 풀을 둘러싸고, 연료 조립체를 냉각시키고 방사선 차폐를 제공하는 풀 물(W)에 잠긴 연료 받침대(122)로부터 연료 조립체(124)를 적재 및 하역하기 위해 풀에 접근하는데 사용되는 장비의 무게를 지지할 수 있다. 바닥 슬래브(121b)는 엔지니어링 된 충전물(121d)에 매립될 수 있다. 전술한 사용 후 핵연료 풀의 측면은 본 기술분야에서 더 이상 상세히 설명할 필요 없이 잘 알려져 있다.

[0059] 도 7 및 도 8을 계속 참조하면, 연료 풀(121) 내의 풀 물(W)은 연료 풀의 바닥 슬래브(121b) 상에 배치된 복수의 연료 받침대(122)의 상향 개방형 셸(125)에 저장된 복수의 연료 조립체(124)(예를 들어, 도 9 참조)로부터 방출되는 붕괴열에 의해 가열된다. 연료 받침대는 연료 조립체를 수용하는 개방형 셸(125)을 정의하는 튜브 또는 상호 연결된 슬롯 플레이트와 같은 베이스 플레이트(122b) 및 복수의 수직으로 연장된 벽 구조물(122a)을 포함하는 프리즘 구조를 갖는다. 수직 벽 구조물(122a)은 간결성을 위해 본 명세서에서 벽(122a)으로 지칭될 수 있지만, 동일한 구조물일 수 있다. 각 연료 받침대(122)의 가장 바깥쪽에 노출된 수직 벽(122a)은 직선으로 구성된 받침대(즉, 직육면체 형상)의 4면 또는 측면을 형성한다. 이러한 외벽(122a)은 수직으로 곧고 평평하고, 연료 받침대의 인접한 수직 외벽과 수직으로 만난다.

[0060] 베이스 플레이트(122b) 및 벽 구조물(122a)은 일 실시 형태에 있어서 내식성을 위해 스테인리스 강으로 형성될 수 있다. 셸(125b)은 사용 후 핵연료 봉(124a)이 들어있는 연료 조립체를 수용하기 위한 임의의 적절한 단면 형상을 가질 수 있다. 일 실시 형태에 있어서, 개방형 셸은 연료 조립체(124)를 삽입하기 위한 직선형 단면 형상을 가질 수 있으며, 이는 미국에서 사용되는 조립체에 전형적으로 대응되는 직선형 단면 형상을 갖는다(예를 들

어, 도 9 참조). 다른 실시 형태에 있어서, 셀(125)은 러시아와 같이 미국 외 지역에서 사용되는 연료 조립체에 대응하는 육각형 단면을 가질 수 있다.

[0061] 각 연료 받침대(122)는 연료 받침대의 수평 베이스 플레이트(122b)로부터 아래쪽으로 연장되어 연료 풀 바닥 슬래브(121b)와 맞물리는 복수의 받침대(122e)를 포함할 수 있다. 이는 연료 받침대를 연료 풀(121)의 바닥 슬래브(121b) 위로 상승시켜, 풀 물(W)이 연료 받침대 아래를 순환시켜 그 안에 저장된 연료 조립체를 냉각시킬 수 있게 한다. 전술한 연료 받침대와 연료 조립체의 측면은 본 기술분야에서 더 이상 상세히 설명할 필요 없이 잘 알려져 있다.

[0062] 본 발명의 내진 조립체(200)의 연료 풀 적용에 있어서, 몸체 간 간격(G)은, 연료 풀(121)의 수직 벽(121a)에 인접하지만 그것으로부터 약간 이격된 주변 사용후 연료 받침대(122) 사이에서 형성된다. 구체적으로, 간격(G)은 주변 연료 받침대(122)의 가장 바깥쪽 수직 벽 구조물(122a)과 연료 풀의 콘크리트 수직 벽(121a)의 내부 면에 고정적으로 장착된 스테인리스 강 라이너(126) 사이에서 형성되며(도 8에 가장 잘 도시됨), 예를 들어 볼트 조이기 또는 본 기술 분야에서 사용되는 다른 적절한 견고한 장착 기술을 통해 장착된다. 연료 받침대(122)는 각각 제1 연료 저장 구성요소(또는 몸체 1) 및 제2 연료 저장 구성요소(또는 몸체 2)로부터 연료 풀 수직 벽(121a)을 형성하고, 이는 본 발명에 앞서 설명한 연료 캐니스터(110) 및 저장 캐스크(130) 조립체를 참조하여 각각 대응하는 것이다. 연료 받침대(122)는 토양 또는 엔지니어링 된 충전물(121d)에 매립된 거대하고 무거운 콘크리트 구조물로서 고정된 연료 풀 벽(121a)에 대해 받침대의 셀에 저장된 핵 연료 조립체(124)에 의해 방출되는 붕괴 열 때문에 열적으로 바깥쪽으로 성장/팽창한다(예컨대, 도 7 참조). 각 연료 받침대(122)는 연료 풀 평평한 바닥 슬래브(121b)에 고정적으로 장착되지 않기 때문에, “자립형” 제1 연료 저장 구성요소로 간주될 수 있다. 연료 풀 수직 벽(121a)은 거대하고 무거운 구조로 인해 고정형 제2 연료 저장 구성요소로 간주될 수 있다.

[0063] 도 7 및 도 8을 계속 참조하면, 사용후 핵연료 풀과 연료 받침대 연료 저장 시스템에 있어서, 고정형 썩기 부재(201)는 용접, 볼트 조이기, 이들의 조합 또는 본 기술분야에서 알려진 다른 적절한 견고한 고정 방법과 같이 금속 풀 라이너(126)에 고정되고 견고하게 결합된다. 지진이 발생하고 그러한 발생 동안 생성되는 관련된 진동력에서 연료 받침대의 슬라이딩 내진을 제공하기 위해서, 수직으로 이동 가능한 느슨한 썩기 부재(202)는 고정형 썩기 부재(201)와 연료 풀 벽(121a)을 향하는 각 연료 받침대(122)의 가장 바깥쪽 수직 벽 구조물 또는 벽(122a) 사이의 공간을 연결한다. 이는 연료 받침대가 풀 라이너(126) 및/또는 연료 받침대를 잠재적으로 손상시킬 수 있는 연료 풀 벽에 직접 충격을 가하는 것을 방지한다. 동시에, 내진 조립체(200)는 주변 연료 받침대와 연료 풀 벽(121a) 사이의 몸체 간 간격(G)을 넓히거나 좁힐 수 있는 연료 받침대(122)의 측면의 열적 팽창 또는 수축을 유리하게 허용한다. 느슨한 썩기 부재 및 고정형 썩기 부재(201, 202)는 도 2a-b에 도시되고 본 명세서에 앞서 설명한 것과 동일한 방식으로 기능한다.

[0064] 각 연료 받침대(122)는 연료 풀 벽(121a)에 인접한 연료 받침대(122)의 외부 수직 벽(122a) 사이의 몸체 간 간격(G) 내에 배치된 한 쌍의 느슨한 썩기 부재(202)와 고정형 썩기 부재(201)를 각각 포함하는 하나 이상의 2피스 내진 조립체(200)를 포함한다. 조립체(200)는 도 7에 도시된 바와 같이 연료 받침대의 수직 벽(122a)의 상부 끝에 근접하여 배치된다. 원통형 연료 캐니스터(110) 및 캐스크(130) 연료 저장 시스템에 사용되는 아치형으로 굽은 느슨한 썩기 부재(202) 및 고정형 썩기 부재(201)와 달리, 연료 받침대(122)에 적용되는 느슨한 썩기 부재(202) 및 고정형 썩기 부재(201)는 높이 또는 폭보다 긴 길이(설치된 위치에서 수평으로 측정된)를 갖는 선형으로 곧고 수평으로 연장된 금속 바(bar)로부터 형성된다. 곧은 바(bar)는 직육면체 연료 받침대의 곧은 면을 따른다.

[0065] 내진 시스템(102)의 다른 일 측면에 있어서, 인접한 “자립형” 연료 받침대(122) 각 쌍 사이의 사이 간격 또는 공간(S)은 또한 받침대의 열적 팽창/수축을 허용하도록 구성되는 내진 조립체를 포함할 뿐 아니라, 유리하게는 지진 발생 동안 발생하는 진동력에 의해 하나의 받침대가 인접한 받침대에 충격을 주는 것을 방지하기 위해 받침대에 지진 보호를 제공할 수 있다. 연료 받침대는 “자립형” 구조이기 때문에(즉, 연료 풀에 고정적으로 고정되지 않음), 각각 열적 팽창/수축을 받는 두 개의 인접한 연료 저장 구성요소를 수용할 수 있는 적절한 내진이 요구된다. 도 6 및 도 7은 인접한 연료 받침대 사이에서 설치된 이러한 목적을 위한 3피스 내진 조립체(300)를 도시한다.

[0066] 도 6 및 도 7을 참조하면, 내진 조립체(300)는 한 쌍의 고정형 썩기 부재(301) 및 이들을 분리하는 고정형 썩기 부재 간의 사이 공간(S)에 위치되는 수직으로 이동 가능한 이중 테이퍼형 썩기 부재(302)를 포함한다. 따라서 썩기 부재(302)는 자동으로 조정되는 방식으로 마주보는 한 쌍의 고정형 썩기 부재(301) 사이의 사이 공간(S)을

연결한다. 본 실시 형태에 있어서 연료 저장 구성요소의 몸체 간 간격(G)은 인접한 연료 받침대(122)의 각 쌍 사이에서 측면으로 연장되는 것으로 정의된다.

[0067] 고정형 썸기 부재(301)는 용접, 볼트 조이기, 이들의 조합, 또는 본 기술분야에서 알려진 다른 방법과 같은 임의의 적절한 방법에 의해 각 연료 받침대(122)의 가장 바깥쪽 수직 벽(122a)에 고정적이고 견고하게 결합된다. 각 고정형 썸기 부재(301)는 도 6에 가장 잘 도시된 바와 같이, 한 쌍의 마주보는 한 쌍의 상부 및 하부 수평 표면(306), 한 쌍의 표면(306) 사이에서 연장되는 곧은 수직 표면(307), 그리고 해당 수직 표면(307) 맞은편의 한 쌍의 표면(306) 사이에서 연장되는 경사 하중 지지 표면(305)을 포함한다. 일 실시 형태에 있어서, 각각의 고정형 썸기 부재(301)는 횡단면이 두 개의 인접한 직각을 갖는 직각 사다리꼴(직각 사다리꼴이라고도 함)로 구성된 몸체를 가질 수 있다. 이중 테이퍼형 썸기 부재(302)와 슬라이드 가능하게 맞물리기 위해 각진 또는 경사 하중 지지 표면(205)이 정의되는 한, 다른 적합한 기하학적 형상의 고정형 썸기 부재(301)가 사용될 수 있다.

[0068] 이중 테이퍼형 썸기 부재(302)는 일 실시 형태에 있어서 사다리꼴 형상 몸체의 횡단면을 가질 수 있다. 비제한적으로 도시된 실시 형태에 있어서, 썸기 부재(302)는 기하학적으로 기저 각이 동일한 각도를 갖는 이등변 사다리꼴일 수 있다. 썸기 부재(302)는 도 6에 가장 잘 도시된 바와 같이, 상부 수평 표면(309), 맞은편의 하부 수평 표면(303), 및 두 수평 표면 사이에서 마주보는 한 쌍의 경사 하중 지지 표면(308)을 포함한다. 썸기 부재(302)가 도시된 바와 같이 설치될 때, 상부 수평 표면(309)은 하부 수평 표면(303)보다 길다. 경사 하중 지지 표면(308)은 바람직하지만 비제한적인 실시 형태에 있어서 동일한 길이를 갖는다.

[0069] 경사 하중 지지 표면(308)은 고정형 썸기 부재(301)의 각각의 경사 하중 지지 표면(305)과 슬라이드 가능하게 맞물린다. 각각의 경사 하중 지지 표면(308)은 수직 방향 또는 평면에 대한 예각(C)을 정의한다. 최적의 경사 각도(C)는 연료 받침대의 열적 팽창과 최대 지진 보호의 균형을 맞추기 위해 내진 조립체(200)에 대해 위에서 설명한 접근과 유사하게 결정된다. 썸기 부재(301, 302)는 바람직한 실시 형태에 있어서 유사하게 스테인리스강으로 제조된다.

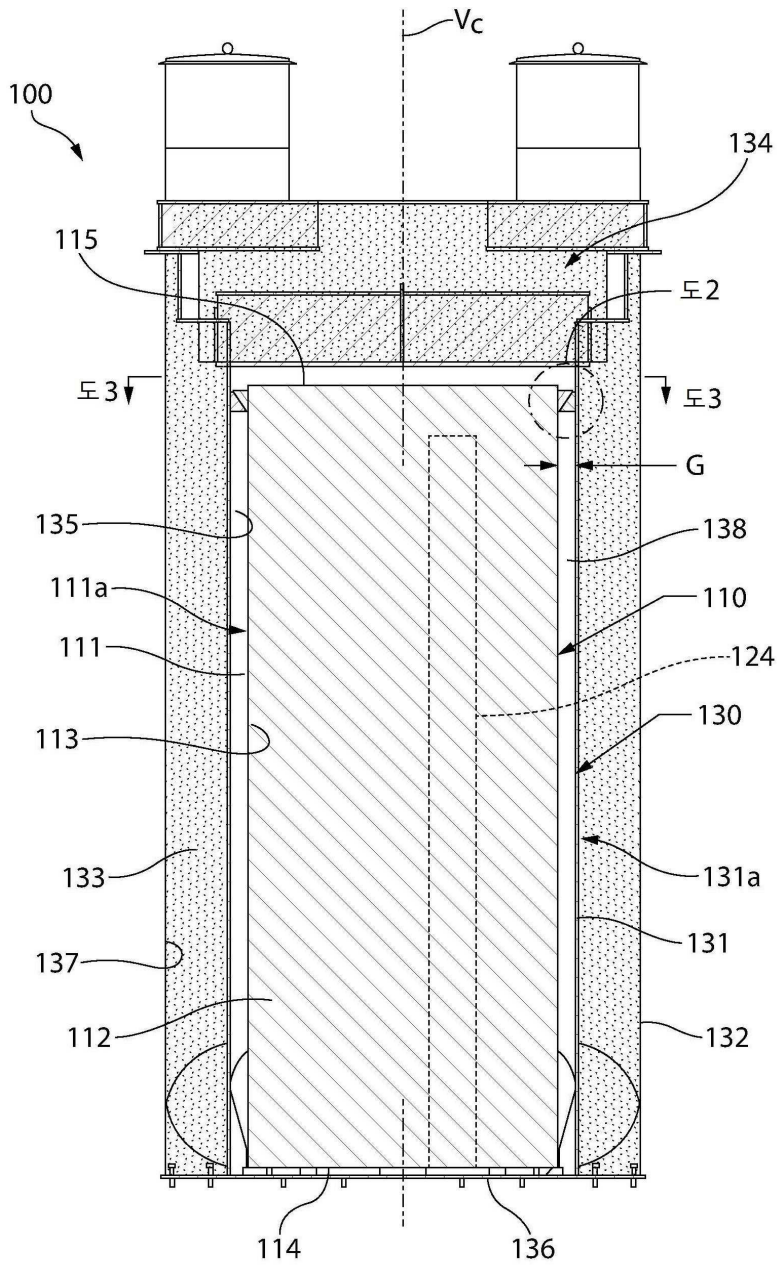
[0070] 하나 이상의 3피스 내진 조립체(300)는 도 7에 도시된 바와 같이 인접한 연료 받침대(122) 사이의 몸체 간 간격(G) 내에 설치될 수 있으며, 바람직하게는 연료 받침대의 상부에 근접하여 설치될 수 있다. 인접한 연료 받침대(122)에 적용되는 이중 테이퍼형 썸기 부재(302), 한 쌍의 고정형 썸기 부재(301) 및 고정형 썸기 부재(201)는 높이 또는 폭보다 더 긴 길이(설치된 위치에서 수평으로 측정된)를 갖는 선형으로 곧고 수평으로 연장된 금속 바(bar)로부터 형성된다. 곧은 바(bar)는 직육면체 연료 받침대의 곧은 면에 따른다.

[0071] 3피스 내진 조립체(300)는 앞서 설명된 2피스 내진 조립체(200)와 유사하게 작동한다. 일반적으로, 지진 발생 또는 연료 풀(121) 내의 인접한 연료 받침대(122) 한 쌍 중 적어도 하나의 열적 팽창 또는 수축은 몸체 간 간격(G)을 수축시켜, 이중 경사 표면 인터페이스를 따라 마주보는 한 쌍의 고정형 썸기 부재(301) 사이에서 고정되지 않은 이중 테이퍼형 썸기 부재(302)를 위아래로 슬라이드 가능하게 변위 및 이동시킨다.

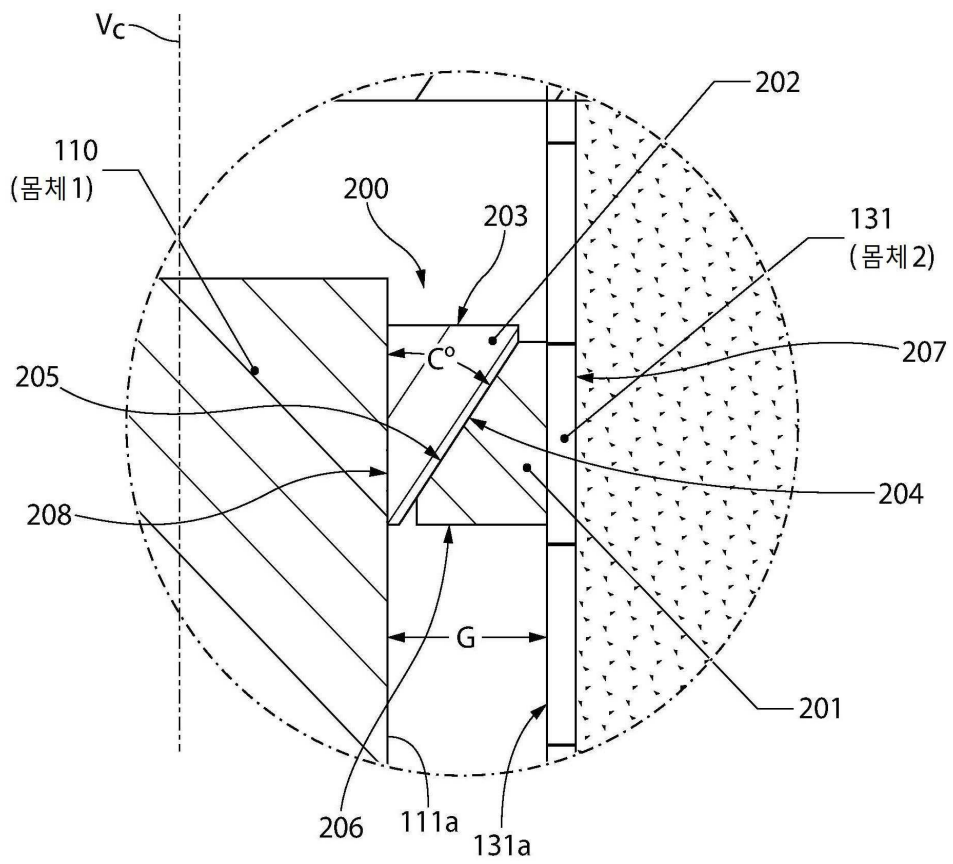
[0072] 전술한 설명 및 도면은 본 발명의 예시를 나타내지만, 첨부된 청구범위의 사상, 범위 및 균등물의 범위로부터 벗어나는 것 없이 다양한 추가, 수정 및 치환이 이루어질 수 있다는 것이 이해될 것이다. 특히, 당업자에게는 본 발명이 그 사상 또는 본질적인 특징으로부터 벗어나는 것 없이 다른 형태, 구조, 배열, 비율, 크기 및 다른 요소, 재료 및 구성요소로 구현될 수 있음이 명백할 것이다. 또한, 본 발명에 기술된 적용할 수 있는 방법/프로세스의 다양한 변형이 본 발명의 사상으로 부터 벗어나는 것 없이 이루어질 수 있다. 당업자는 본 발명의 원리로부터 벗어나는 것 없이 특정 환경 및 작동 요구사항에 특히 적용된 구조, 배열, 비율, 크기, 재료 및 구성요소의 많은 변형과 달리 본 발명이 사용될 수 있음을 추가로 이해할 것이다. 그러므로, 현재 개시된 예시는 모든 면에서 예시적인 것이며 제한적이지 않은 것으로 간주되어야 하고, 본 발명의 범위는 첨부된 청구범위 및 그 균등물에 의해 정의되며 전술한 설명 또는 예시로 제한되지 않는다. 오히려, 첨부된 청구범위는 본 발명의 범위 및 균등물의 범위로부터 벗어나는 것 없이 당업자에 의해 만들어질 수 있는 본 발명의 다른 변형을 포함하도록 광범위하게 구성되어야 한다.

도면

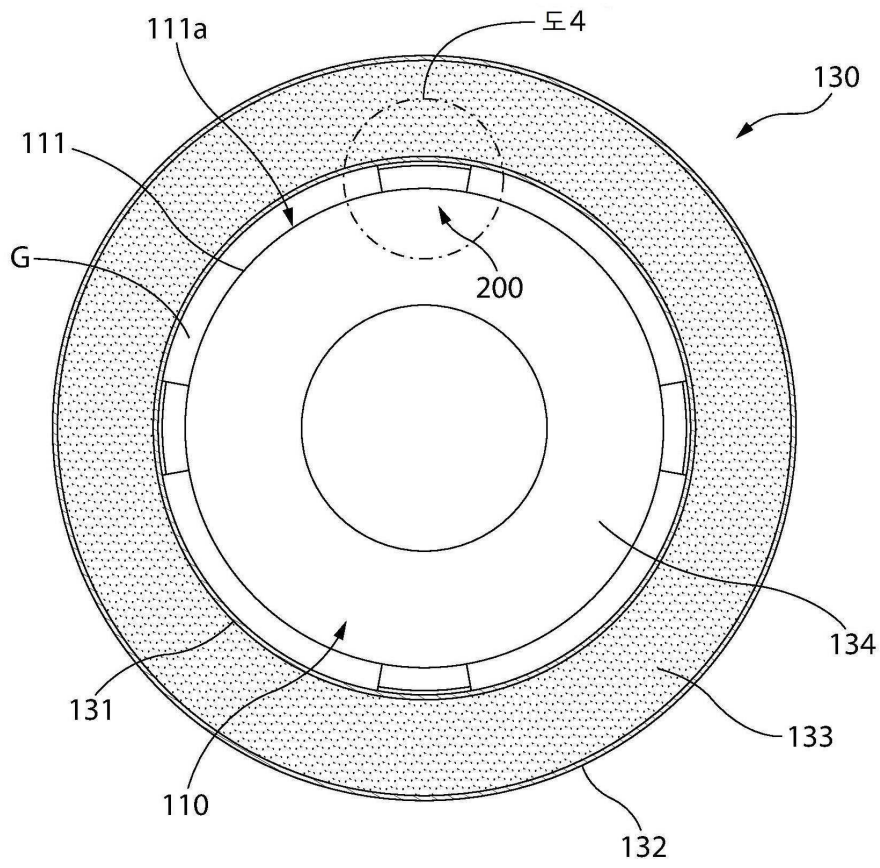
도면1



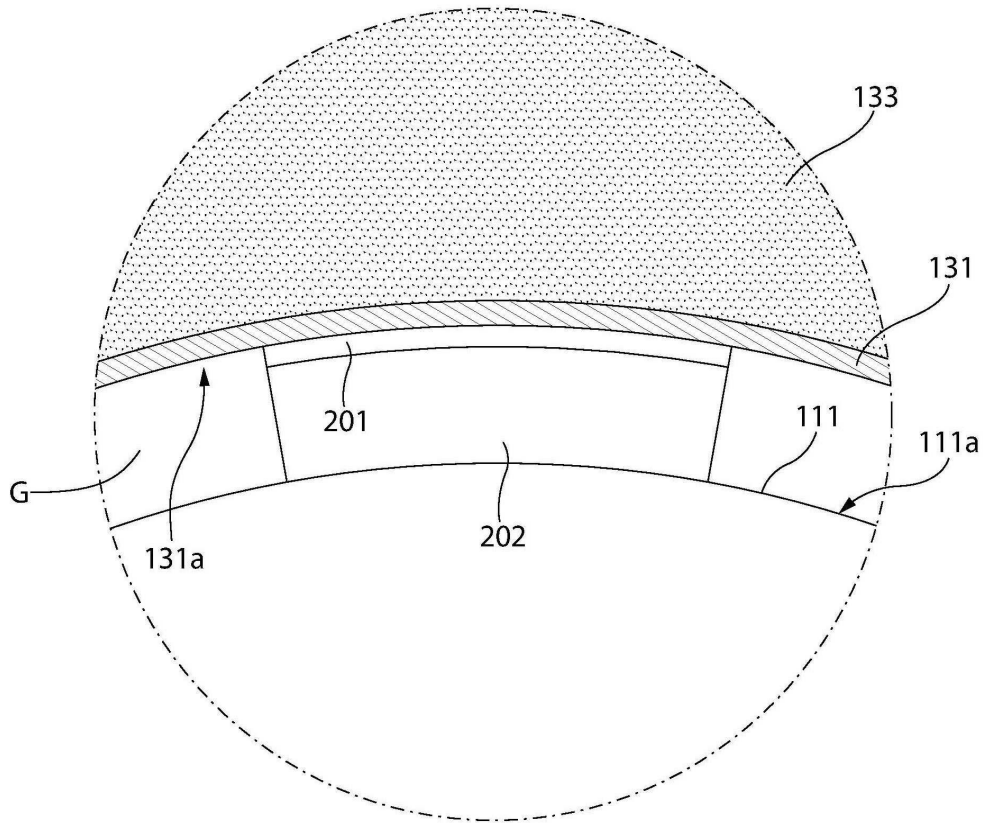
도면2b



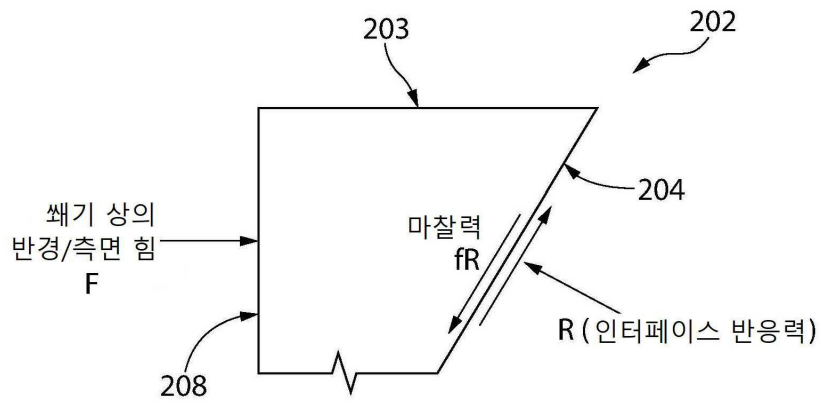
도면3



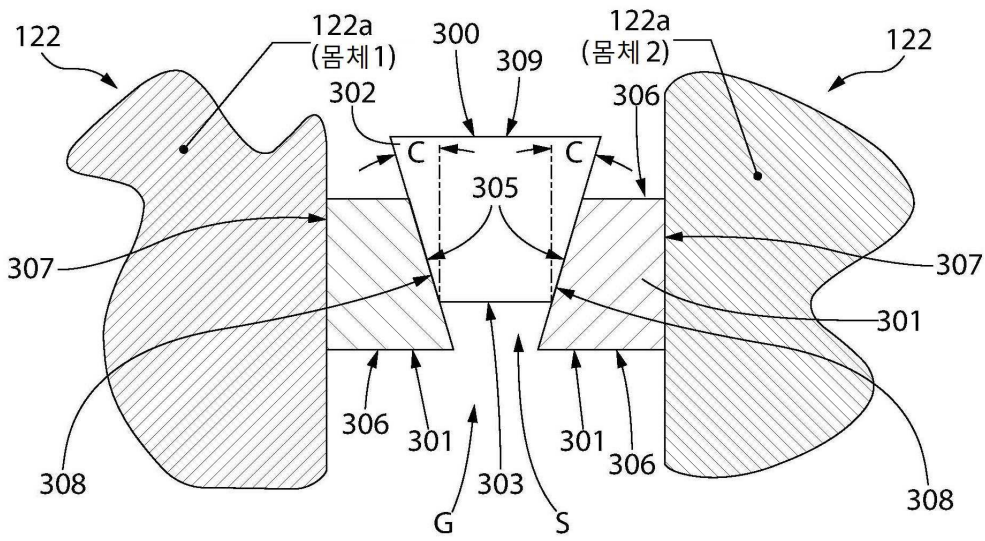
도면4



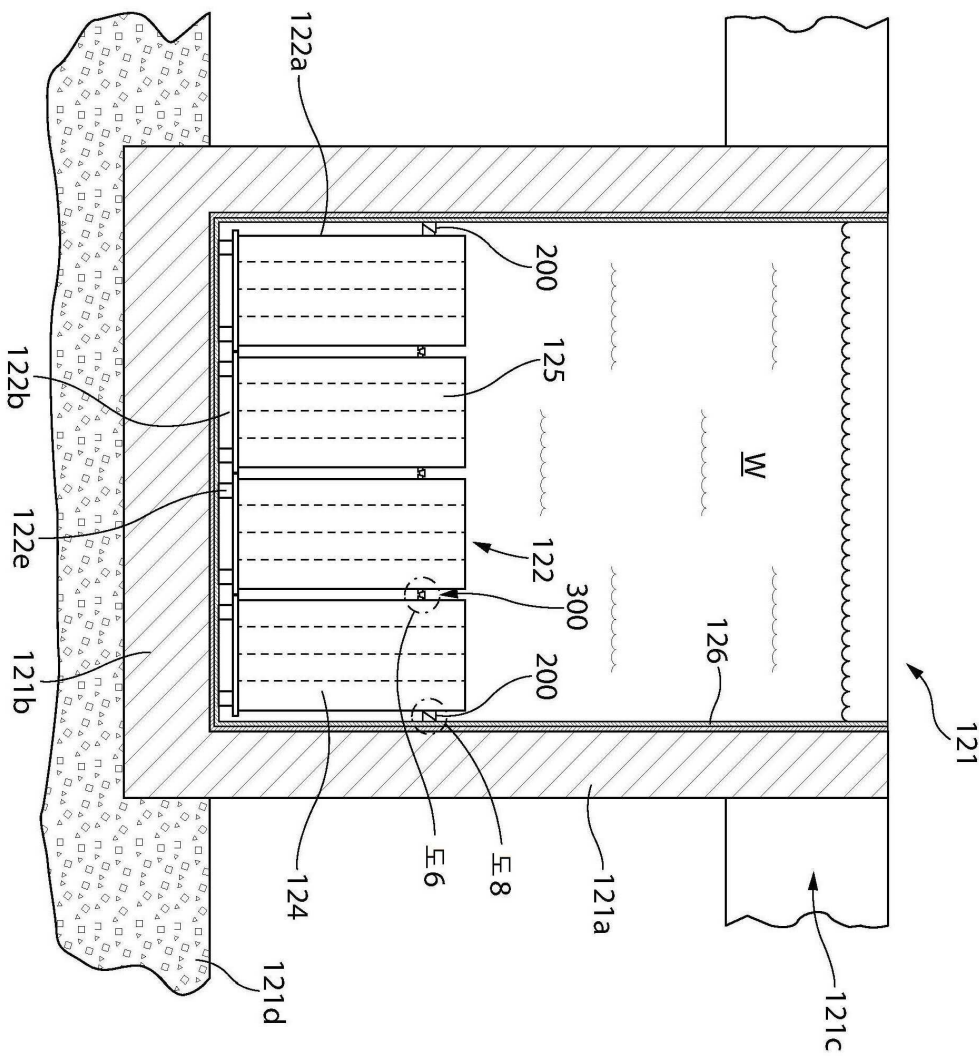
도면5



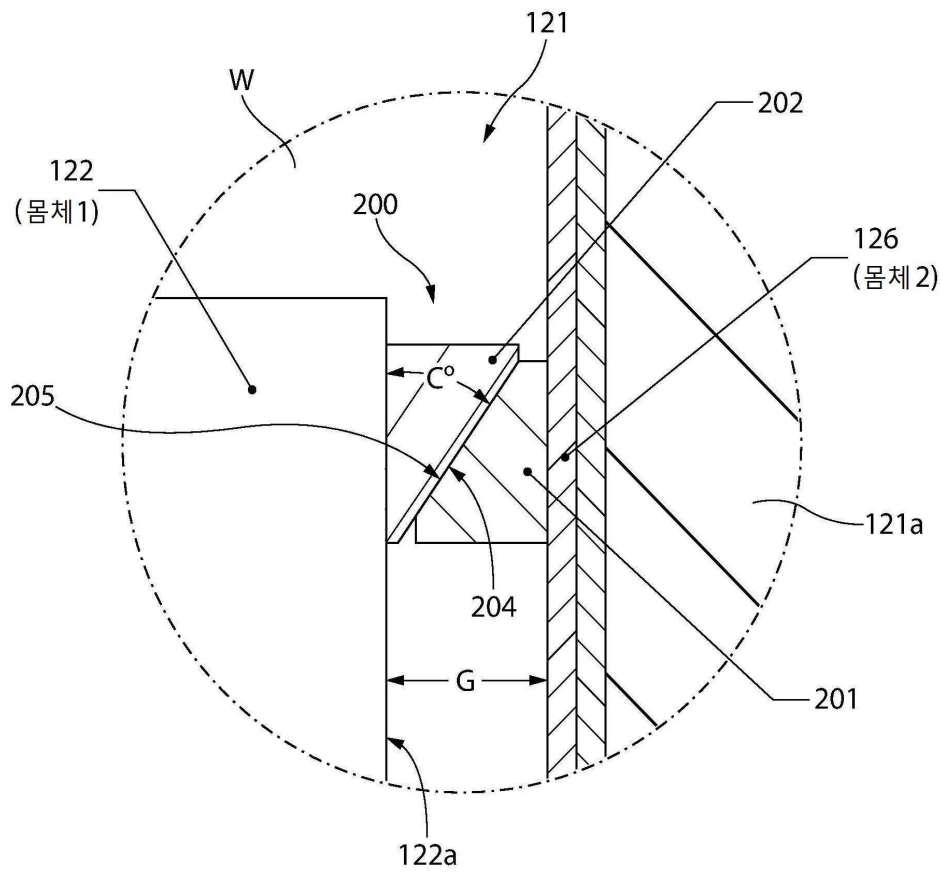
도면6



도면7



도면8



도면9

