



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년10월13일
(11) 등록번호 10-1559100
(24) 등록일자 2015년10월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G21C 19/07 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0088404

(22) 출원일자 2014년07월14일

심사청구일자 2014년07월14일

(56) 선행기술조사문헌

KR100817616 B1*

JP09304597 A

JP2005227226 A

JP2007240153 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

한국원자력연구원

대전광역시 유성구 대덕대로989번길 111(덕진동)

(72) 발명자

최영철

부산 금정구 중앙대로1766번길 16, 가동 104호 (부곡동, 초원맨션)

최종원

대전 유성구 엑스포로 448, 306동 1503호 (전민동, 엑스포아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이원희

전체 청구항 수 : 총 2 항

심사관 : 윤연숙

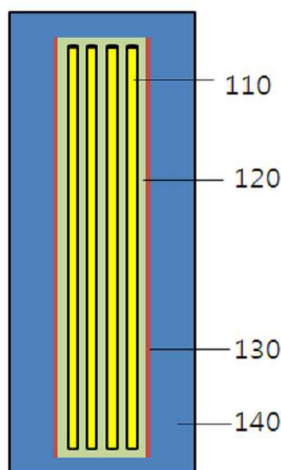
(54) 발명의 명칭 방사성폐기물의 내진형 완충제 및 이를 이용한 저장시스템

(57) 요약

본 발명은 방사성폐기물의 내진형 완충제 및 이를 이용한 저장시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 지하에 방사성폐기물을 처분용기에 담아 심지층에 처분할 때, 지진에 의해서 방사성폐기물 처분용기의 파손되어 방사성물질이 외부로 유출되는 것을 방지하기 위한 방사성폐기물의 내진형 완충제 및 이를 이용한 저장시스템에 관한 것이다.

본 발명의 실시형태에 따른 방사성폐기물의 내진형 완충제 및 이를 이용한 저장시스템은 기존의 벤토나이트를 이용한 완충제와 처분용기 사이에 벤토나이트와 밀도가 다른 또 다른 완충제층을 구비하여 크기의 변화 없이 내진성이 향상될 수 있어, 지진의 발생시 완충제가 파손되어 완충제 내부의 방사성폐기물이 외부로 유출되는 것을 방지할 수 있는 효과가 있다.

대표도 - 도5a



(72) 발명자

최희주

대전 유성구 어은로 57, 111동 1204호 (어은동, 한빛아파트)

윤찬훈

대전 유성구 유성대로 1741, 105동 801호 (전민동, 세종아파트)

이재완

대전 유성구 배울1로 147, 202동 302호 (용산동, 대덕테크노밸리푸르지오하임2단지)

김현아

대전광역시 유성구 엑스포로 488 208동 1601호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	53341-13
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	원자력연구개발사업
연구과제명	공학적방벽 성능향상 기술개발
기 여 율	1/1
주관기관	한국원자력연구원
연구기간	2012.03.01 ~ 2017.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

방사성 폐기물을 지하 심지층에 저장하여 처분하는 방사성폐기물의 내진형 완충제에 있어서,
상기 방사성폐기물이 내장된 처분용기의 외부에 형성되어 상기 처분용기의 외측벽과 접하며 벤토나이트를 포함하여 형성된 제 1 완충제; 및
상기 제 1 완충제의 외측벽과 접하여 형성되며 순수 벤토나이트 재질로 형성된 제 2 완충제;를 포함하되,
상기 제 1 완충제의 밀도는 상기 제 2 완충제의 밀도보다 10% 내지 70%의 비율로 밀도가 형성되고,
상기 제 2 완충제의 두께는 상기 제 2 완충제의 두께보다 2% 내지 10%의 비율로 두께가 형성되어,
진도 605의 지진 발생시 최대 전단변위인 0.1 m의 전단변위에서도 상기 처분용기가 파손되지 않는 것을 특징으로 하는 방사성폐기물의 내진형 완충제.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

방사성폐기물을 심지층에 저장하여 처분하는 방사성폐기물의 내진형 저장시스템에 있어서,
사용후 핵연료를 저장하는 처분용기;
암반층을 굴착하여 형성되고, 상기 처분용기를 수납하는 처분 수납공;
상기 처분 용기의 외측벽과 접하도록 형성되며 벤토나이트를 포함하여 형성되는 제1 완충제; 및
상기 제 1 완충제의 외측벽과 접하도록 형성되며, 순수 벤토나이트 재질로 형성된 제2 완충제;를 포함하되,
상기 제 1 완충제의 밀도는 상기 제 2 완충제의 밀도보다 10% 내지 70%의 비율로 밀도가 형성되고,
상기 제 1 완충제의 두께는 상기 제 2 완충제의 두께보다 2% 내지 10%의 비율로 두께가 형성되어,
진도 6.5의 지진 발생시 최대 전단변위인 0.1 m의 전단변위에서도 상기 처분용기가 파손되지 않는 것을 특징으로 하는 상기 방사성폐기물의 내진형 저장시스템.

청구항 6

삭제

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 방사성폐기물의 내진형 완충제 및 이를 이용한 저장시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 지하에 방사성폐기물을 처분용기에 담아 심지층에 처분할 때, 지진에 의해서 방사성폐기물 처분용기가 파손되어 방사성 물질이 외부로 유출되는 것을 방지하기 위한 방사성폐기물의 내진형 완충제 및 이를 이용한 저장시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 핵연료는 원자로 안에 장입(裝入)하여 핵분열을 연쇄적으로 일으켜서 이용 가능한 에너지를 얻을 수 있는 물질을 말하며, 방사성폐기물은 전기를 생산하고 난 후에 남은 물질을 말한다. 이러한 방사성폐기물은 재처리 혹은 폐기를 위하여 저장을 하게 되는데, 이러한 저장은 저장관리, 중간저장, 영구처분 등으로 구분할 수 있다.

[0003] 먼저, 방사성폐기물은 그 속에 포함된 핵분열생성물 때문에 원자로에서 꺼낸 이후에도 오랜 기간 동안 강력한 방사선과 열을 낸다. 따라서 발전소에서 근무하는 작업자와 인근에 거주하는 주민을 방사선으로부터 보호하고 열을 제거하기 위하여 방사성폐기물은 발전소의 연료건물 안에 있는 수영장처럼 물이 가득 차 있는 곳(사용후연료 저장조)에 임시 저장하게 된다.

[0004] 방사성폐기물은 폐기물이지는 않지만, 쓰고 남은 우라늄과 플루토늄 같은 유용한 물질이 포함되어 있다. 그래서 영국, 프랑스, 일본 등에서는 방사성폐기물로부터 우라늄과 플루토늄 같은 물질을 추출해서 다시 연료로 제작하여 원자로에 사용하고 있다. 이러한 유용물질 추출과정을 재처리라고 하며, 이를 위하여 중간저장을 하게 된다. 방사성폐기물은 열이 식을 때까지 충분히 원전부지 내 또는 중간저장시설에 보관하다가 최종적으로 영구처분하기 위하여 저장하게 된다.

[0005] 영구처분은 일반적으로 지하 500 ~ 1,000 미터의 단단한 암반층에 방사성폐기물을 저장하는 것을 의미한다. 고준위 방사성폐기물을 인간환경으로부터 격리시키는 기한은 수만 또는 수 십만년 정도가 요구된다. 이처럼 오랜 기간 동안 방사성폐기물을 안전하게 저장하기 위해서는 방사성폐기물을 저장하는 처분 용기와 처분수납공, 그리고 완충제의 내구성이 확보되어야 할 것이다. 특히, 완충제는 외부에서 처분용기로 지하수가 침투하지 못하도록 물의 차단 능력이 뛰어나야 하며, 또한 방사성폐기물에서 빠져 나올 수 있는 방사능 물질을 효과적으로 흡착할 수 있어야 한다.

[0006] 한국 등록특허 제 10-0697698호에서는, 가압경수형 원자로(Pressurized Water Reactor)로부터 배출된 사용후핵연료를 중간저장 시설 등에서 냉각시킨 후 지하 암반 등에 처분할 경우 주변 압력을 견딜 수 있도록 함과 아울러 부식으로부터의 관통을 방지하여 가압경수형 원자로에서 배출된 사용후핵연료를 장전하여 심부지층에 효율적으로 안전하게 처분할 수 있도록 한 가압경수형 원자로 사용후핵연료 처분용기를 발명하였다.

[0007] 하지만, 우리나라는 매년 지진이 증가하는 추세에 있으며, 지진에 대해 처분용기를 안전하게 보호할 수 있는 방법이 절실히 필요하나, 상기 한국 등록특허 제 10-0697698호의 구성은 지진의 발생시 처분용기로 전달되는 전단력을 감소시킬 수 없다.

[0008] 본 발명의 발명자는 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 지진의 발생시 방사성폐기물의 처분용기로 전해지는 전단력을 효과적으로 감소시킬 수 있는 방사성폐기물의 내진형 완충제 및 이를 이용한 저장시스템을 개발하였다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 한국 등록특허 제 10-0697698호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는 지하에 방사성폐기물을 처분용기에 담아 심지층에 처분할 때, 지진의 발생에 의해 방사성폐기물의 처분용기가 파손되는 것을 방지하는 방사성폐기물의 내진형 완충제 및 이를 이용한 저장시스템을 제안하는데 목적이 있다.

[0011] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 기술적 과제는 방사성폐기물을 처분용기의 크기변화 없이 완충제의 구성을 변경하는 것만으로 방사성폐기물의 처분용기를 전단력으로부터 보호할 수 있는 방사성폐기물의 내진형 완충제 및 이를 이용한 저장시스템을 제안하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기 목적을 달성하기 위해 본 발명은, 방사성 폐기물을 지하 심지층에 저장하여 처분하는 방사성폐기물의 내진형 완충제에 있어서,

[0013] 상기 방사성폐기물이 내장된 처분용기의 외부에 형성되어 상기 처분용기의 외측벽과 접하는 제 1 완충제; 및

[0014] 상기 제 1 완충제의 외측벽과 접하여 형성된 제 2 완충제;를 포함하며,

[0015] 상기 제 1완충제는 상기 제 2 완충제 밀도의 10% 내지 70%의 밀도로 형성되는 것을 특징으로 하는 방사성폐기물의 내진형 완충제를 제안한다.

[0016] 또한, 본 발명은 방사성폐기물을 심지층에 저장하여 처분하는 방사성폐기물의 내진형 저장시스템에 있어서,

[0017] 사용후 핵연료를 저장하는 처분용기;

[0018] 암반층을 굴착하여 형성되고, 상기 처분용기를 수납하는 처분 수납공;

[0019] 상기 처분 용기와 상기 처분 수납공 사이에 형성된 제1 완충제; 및

[0020] 상기 처분 용기와 상기 처분 수납공 사이에 형성되며, 흡착성이 높은 순수 벤토나이트 재질로 형성된 제2 완충제;를 포함하며,

[0021] 상기 제 1완충제는 상기 제 2 완충제 밀도의 10% 내지 70%의 밀도로 형성되는 것을 특징으로 하는 상기 방사성 폐기물의 내진형 저장시스템을 제안한다.

발명의 효과

[0022] 본 발명의 실시형태에 따른 방사성폐기물의 내진형 완충제 및 이를 이용한 저장시스템은 기존의 벤토나이트를 이용한 완충제와 처분용기 사이에 벤토나이트와 밀도가 다른 또 다른 완충제층을 구비하여 크기의 변화 없이 내진성이 향상될 수 있어, 지진의 발생시 완충제가 파손되어 완충제 내부의 방사성폐기물이 외부로 유출되는 것을 방지할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 종래의 방사성폐기물의 처분용기가 지하암반에 저장되는 것을 도시한 도면이다.

도 2 는 한반도에 진도 6.5의 지진이 발생하였을 경우, 지하 500m 암반의 움직임에 대한 시뮬레이션을 수행한 결과를 시간에 따른 전단속도로 도시한 그래프이다.

도 3은 한반도에 진도 6.5의 지진이 발생하였을 경우, 지하 500m 암반의 움직임에 대한 시뮬레이션을 수행한 결과를 시간에 따른 전단변위로 도시한 그래프이다.

도 4는 방사성폐기물의 완충체에 전단력이 가해지는 상황을 도시한 도면이다.

도 5(a)는 본 발명의 일실시예에 따른 방사성폐기물의 내진형 완충체를 도시한 수직단면도이다.

도 5(b)는 본 발명의 일실시예에 따른 방사성폐기물의 내진형 완충체를 도시한 수평단면도이다.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 방사성폐기물의 내진형 완충체의 제 1 완충체에 형성되는 벤토나이트 입자(pellet)을 도시한 도면이다.

도 7(a)는 비교예 1의 완충체를 ABAQUS 해석 프로그램에 적용하기 위한 모델이다.

도 7(b)는 실시예 1의 완충체를 ABAQUS 해석 프로그램에 적용하기 위한 모델이다.

도 8(a)는 비교예 1의 완충체 모델을 ABAQUS 해석 프로그램을 이용하여 압력분포를 나타낸 도면이다.

도 8(b)는 실시예 1의 완충체 모델을 ABAQUS 해석 프로그램을 이용하여 변형률을 나타낸 도면이다.

도 9(a)는 비교예 1의 완충체 모델을 ABAQUS 해석 프로그램을 이용하여 압력분포를 나타낸 도면이다.

도 9(b)는 실시예 1의 완충체 모델을 ABAQUS 해석 프로그램을 이용하여 변형률을 나타낸 도면이다.

도 10은 비교예 1 및 실시예 1의 완충체 모델의 전단변위에 따른 최대변형률을 도시한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 본 발명은 방사성 폐기물을 지하 심지층에 저장하여 처분하는 방사성폐기물의 내진형 완충체에 있어서,
- [0025] 상기 방사성폐기물이 내장된 처분용기의 외부에 형성되어 상기 처분용기의 외측벽과 접하는 제 1 완충체; 및
- [0026] 상기 제 1 완충체의 외측벽과 접하여 형성된 제 2 완충체;를 포함하며,
- [0027] 상기 제 1완충체는 상기 제 2 완충체 밀도의 10% 내지 70%의 밀도로 형성되는 것을 특징으로 하는 방사성폐기물의 내진형 완충체를 제공한다.

- [0028] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 방사성폐기물의 내진형 완충체에 대하여 더욱 상세하게 설명한다.

- [0029] 도 1은 종래의 방사성폐기물의 처분용기가 지하암반에 저장되는 것을 도시한 도면이다.
- [0030] 도 1을 참조하면, 방사성폐기물의 처분용기는 일반적으로 지하 500 ~ 1,000 미터의 단단한 암반층에 방사성폐기물을 저장한다. 고준위 방사성폐기물을 인간환경으로부터 격리시키는 기한은 수만 또는 수 십만년 정도가 요구된다. 이처럼 오랜 기간 동안 방사성폐기물을 안전하게 저장하기 위해서는 방사성폐기물을 저장하는 처분 용기와 처분수납공, 그리고 완충체의 내구성이 확보되어야 할 것이다. 특히, 완충체는 외부에서 처분용기로 지하수가 침투하지 못하도록 물의 차단 능력이 뛰어나야 하며, 또한 방사성폐기물에서 빠져 나올 수 있는 방사능 물질을 효과적으로 흡착할 수 있어야 한다.

- [0031] 또한, 우리나라의 경우 우리나라도 매년 지진이 증가하는 추세에 있다. 따라서 지진에 대해 처분용기를 안전하게 보호할 수 있는 방법이 절실히 필요하다.

- [0032] 도 2 및 도 3은 한반도에 진도 6.5의 지진이 발생하였을 경우, 지하 500m 암반의 움직임에 대한 시뮬레이션을 수행한 결과를 도시한 그래프이다.

- [0033] 이때, 도 2는 전단의 시간적 변화인 전단속도를 나타낸 그래프이고, 도 3은 전단강도를 가했을 때 변형이 일어나는 량을 정량적으로 나타낸 값인 전단변위를 나타낸 그래프이다.
- [0034] 도 2 및 도 3을 참조하면, 한반도에 진도 6.5의 지진이 발생하였을 경우, 지하 500m 암반의 전단속도는 최대 1m/sec, 전단 변위는 최대 0.1m 이하인 것을 알 수 있다.
- [0035] 도 4는 방사성폐기물의 완충체에 전단력이 가해지는 상황을 도시한 도면이다.
- [0036] 도 4를 참조하면, 전단력에 의해 전단변위가 발생되며, 이때, 방사성폐기물의 완충체 내부에 형성된 완충체는 상기 전단력에 의해 파손되지만 상기 전단력이 방사성폐기물이 수납된 처분용기에 가해지는 충격을 일부 흡수할 수 있다.
- [0037] 그러나, 이러한 전단력을 벤토나이트로 형성된 완충체만으로 흡수한다 하더라도, 충격흡수의 정도가 낮아 진도 6.5의 지진에서는 처분용기가 파손되는 것을 방지할 수 없다.
- [0038] 상기와 같은 문제점에 의해 기존의 벤토나이트로 형성된 완충체는 지진으로 인한 전단력의 발생시 방사성폐기물이 저장된 처분용기의 파손이 발생할 수 있으며, 이로 인해 방사성폐기물의 외부로 유출될 수 있다. 하기 설명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 본 발명의 일실시예에 따른 방사성폐기물의 내진형 완충체를 설명한다.
- [0039] 도 5(a) 및 도 5(b)는 본 발명의 일실시예에 따른 방사성폐기물의 내진형 완충체를 도시한 수직 및 수평단면도이다.
- [0040] 도 5(a) 및 도 5(b)를 참조하면, 방사성폐기물의 내진형 완충체(100)는 방사성폐기물(110), 처분용기(120), 제 1완충체(130) 및 제 2 완충체(140)를 포함할 수 있다.
- [0041] 방사성폐기물(110)은 폐기물이라는 하지만, 쓰고 남은 우라늄과 플루토늄 같은 유용한 물질이 포함되어 있어 우라늄과 플루토늄 같은 물질을 추출해서 다시 연료로 제작하여 원자력에 사용하고 있다. 이러한 유용물질 추출과정을 재처리라고 하며, 이를 위하여 중간저장을 하게 된다. 방사성폐기물은 열이 식을 때까지 충분히 원진부지 내 또는 중간저장시설에 보관하다가 최종적으로 영구처분하기 위하여 저장하게 된다. 그러나, 상기 방사성폐기물(110)은 여전히 방사능 물질을 방출하고 있어, 어떠한 경우라도 상기 방사능 물질이 외부로 유출되는 것을 방지하여야 한다.
- [0042] 처분용기(120)는 내부의 방사성폐기물(110)이 외부로 누출되지 않도록 하는 부재이다. 일반적으로, 처분용기(120)는 내부가 중공된 형상으로 형성될 수 있다. 처분용기(120)는 적어도 하나 이상의 장전공간이 구비되어 상기 장전공간은 단면이 사각형 또는 원형일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다. 상기 장전공간의 내부에는 방사성폐기물(110)이 장착될 수 있다.
- [0043] 제 1완충체(130)는 상기 처분용기(120)의 외부에 형성되어 상기 처분용기(120)의 외측벽과 접할 수 있다. 즉, 상기 처분용기(120)의 상하측면의 모든 부분이 상기 제 1완충체(130)에 의해 둘러 쌓인다. 제 1완충체(130)는 전술한 내용에 의해 제 2 완충체(140)보다 밀도가 작게 형성되며, 실제 밀도가 작은 완충체를 적용하는 방법 중 하나로 도 6과 같이 벤토나이트 입자(pellet)를 압착하여 벤토나이트 입자(pellet)의 직경이 10mm 내지 50mm 크기를 가지도록 형성하여 제 2 완충체(140)로 사용될 수 있으나, 이에 제한되지 않으며, 벤토나이트에 다른 재료를 혼합하는 방법으로 제 2 완충체(140)보다 밀도가 작은 제 1완충체(130)를 형성할 수 있다.
- [0044] 또한, 이때 상기 제 1완충체(130)의 밀도는 제 2 완충체(140)의 밀도에 비해 10% 내지 70%의 범위로 형성되는 것이 바람직하다. 상기 제 1완충체(130)의 밀도가 제 2 완충체(140)의 밀도의 10%미만일 경우, 낮은 밀도로 인해 처분용기에서 발생한 열을 외부로 충분히 전달시키 못할 수 있으며, 상기 제 1완충체(130)의 밀도가 제 2 완충체(140)의 밀도의 70%를 초과할 경우, 제 2 완충체(140)의 밀도와 차이가 많이 생기지 않아 충격을 충분히 흡수 할 수 없다.

- [0045] 그리고 또한, 상기 제 1완충제(130)의 두께는 제 2 완충제(140)의 두께에 비해 2% 내지 10% 의 범위로 형성되는 것이 바람직하다. 상기 제 1완충제(130)의 두께가 제 2 완충제(140)의 두께에 비해 2% 미만으로 형성될 경우, 너무 얇은 두께로 인해 효과를 기대하기 힘들며, 제 1완충제(130)의 두께가 제 2 완충제(140)의 두께에 비해 10%를 초과하여 형성될 경우, 지하수의 침투 및 방사능 물질이 유출될 확률이 증가할 수 있다.
- [0046] 제 2 완충제(140)는 상기 제 1완충제(130)의 외부에 형성되어 상기 제 1완충제(130)의 외측벽과 접할 수 있다. 즉, 상기 제 1완충제(130)의 상하측면의 모든 부분이 상기 제 2 완충제(140)에 의해 둘러 쌓인다. 상기 제 2 완충제(140)는 벤토나이트로 형성되는 것이 바람직하지만, 물 차단 또는 방사능 물질을 흡착시키는 능력이 뛰어난 재료는 어떤 것이든 사용가능하며, 이에 제한되지 않는다.
- [0047] 상기 벤토나이트는 점토물질로서, 물 차단 또는 방사능 물질을 흡착시키는 능력이 매우 뛰어난 재료이다. 특히, 심지층에서는 지하수가 상기 처분용기(120)로 유입이 될 수 있는데, 상기 지하수가 유입되면 자칫 상기 처분용기(100)까지 침투하여 방사능 물질이 외부로 누출될 수 있다. 상기 벤토나이트는 외부에서 침투하는 지하수와 같은 수분을 흡수하여 상기 처분용기(100)로 물이 침투하는 것을 차단한다. 또한, 상기 벤토나이트는 상기 처분용기(100)가 외부의 힘에 의해 표면에 균열이 발생하거나, 오랜 기간이 지나면서 부식이 발생하여 새어나가는 방사능 물질을 흡수하여 외부로 누출되지 않도록 할 수 있다.
- [0048] 상기 제 1완충제(130) 및 제 2 완충제(140)의 두께는 상기 방사성폐기물(110)의 저장시시 지하수 및 방사능 물질로부터의 안정성, 요망되는 열 전달율, 작업의 신속성 및 경제성 등을 고려하여 결정할 수 있다. 전술한 바와 같이 상기 제 1완충제(130) 및 제 2 완충제(140)의 두께가 두꺼울수록 처분용기(120)에 가해지는 압력이 적어 지진의 발생시 처분용기(120)가 파손되어 방사능 물질이 유출되는 것을 효율적으로 방지할 수 있으나, 실제 지하 처분시스템에서 조밀처분이 불가능하여 저장할 수 있는 양이 한정되므로 이러한 조건을 고려하여 결정할 수 있다.
- [0049] 또한, 본 발명은 방사성폐기물을 심지층에 저장하여 처분하는 방사성폐기물의 내진형 저장시스템에 있어서, 사용후 핵연료를 저장하는 처분용기, 압반층을 굴착하여 형성되고, 상기 처분용기를 수납하는 처분 수납공, 상기 처분 용기와 상기 처분 수납공 사이에 형성된 제1 완충제 및 상기 처분 용기와 상기 처분 수납공 사이에 형성되며, 흡착성이 높은 순수 벤토나이트 재질로 형성된 제2 완충제를 포함하며, 상기 제 1완충제는 상기 제 2 완충제 밀도의 10% 내지 70%의 밀도로 형성될 수 있다.
- [0050] 상기와 같은 방법을 통해 방사성폐기물을 심지층에 저장하여 처분할 수 있으며, 지진이 발생할 경우, 상기 처분용기의 파손을 방지할 수 있어 방사능 물질이 유출되는 것을 방지할 수 있다.
- [0051] 이하, 본 발명의 실시예를 통하여 더욱 구체적으로 설명한다. 단, 하기 실시예들은 본 발명의 설명을 위한 것일 뿐, 본 발명의 범위가 하기 실시예에 의하여 한정되는 것은 아니다.
- [0052] <실시예 1>
- [0053] 처분용기의 내부는 증공된 형상으로 형성된 원통형의 장전공간이 33개 구비된 CANDU방식의 처분용기, 상기 처분용기의 외부에 길이 4,780mm, 두께 20mm, 밀도 1 g/cm³ g/cm³ 의 벤토나이트를 포함하는 제 1완충제가 형성되어 있으며, 제 1완충제의 외부에 길이 5,780mm, 두께 360mm, 밀도 1.872 g/cm³ 의 순수한 벤토나이트로 형성된 제 2완충제가 형성된 방사성폐기물의 내진형 완충제를 형성하였다.
- [0054] <비교예 1>
- [0055] 제 1완충제가 형성되지 않으며, 처분용기의 외부에 길이 5,780mm, 두께 380mm, 밀도 1.872 g/cm³ 의 순수한 벤토나이트로 형성된 제 2완충제가 형성된 것을 제외하고 실시예 1과 동일한 구성으로 방사성폐기물의 완충제를 형성하였다.
- [0056] <실험예 1>

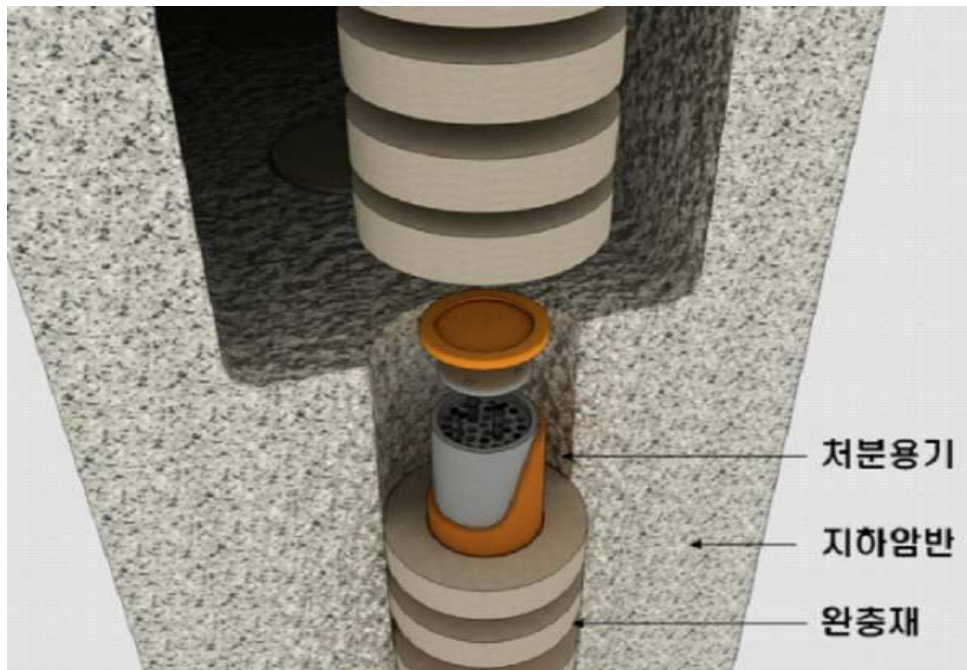
- [0057] 상기 비교예 1 및 실시예 1의 완충제 모델을 ABAQUS 해석 프로그램을 이용하여 실험하였으며, 이때 상기 방사성 폐기물의 내진형 완충제에 1m/sec의 전단속도, 0.1m 전단변위를 가하여 이에 대한 압력분포 및 변형률을 도 8(a), 도 8(b), 도 9(a) 및 도 9(b)에 도시하였다.
- [0058] 도 8(a) 및 도 8(b)는 비교예 1의 완충제 모델을 ABAQUS 해석 프로그램을 이용하여 압력분포 및 변형률을 나타낸 도면이다.
- [0059] 도 8(a) 및 도 8(b)를 참조하면, 비교예 1의 완충제 모델은 1m/sec의 전단속도, 0.1m 전단변위에 의해 완충제가 파손되어 충격을 흡수하지 못하였다. 따라서 완충제 내부의 처분용기 또한 파손이 되며 사고시 방사능 물질이 유출될 수 있는 것을 알 수 있다.
- [0060] 도 9(a) 및 도 9(b)는 실시예 1의 완충제 모델을 ABAQUS 해석 프로그램을 이용하여 압력분포 및 변형률을 나타낸 도면이다.
- [0061] 도 9(a) 및 도 9(b)를 참조하면, 실시예 1의 완충제 모델은 1m/sec의 전단속도, 0.1m 전단변위에 의해 완충제에 충격이 발생하여 모양이 변형되었으나, 파손은 발생되지 않았으며, 비교예 1과 비교하여 압력분포 및 변형률이 현저히 낮은 것을 알 수 있었다.
- [0062] 도 10은 비교예 1 및 실시예 1의 완충제 모델의 전단변위에 따른 최대변형률을 도시한 그래프이다.
- [0063] 도 10을 참조하면, 비교예 1의 완충제는 전단변위가 약 0.065m지점부터 처분용기의 변형률이 갑자기 증가함을 볼 수 있다. 전술한 내용인 진도 6.5규모의 지진이 발생하였을 경우 최대 전단 변위가 0.1m기 때문에 처분용기의 파손이 발생함을 알 수 있다.
- [0064] 하지만, 본 발명에서 제안된 실시예 1의 방사성폐기물의 내진형 완충제의 경우 전단변위가 약 0.11m에서 처분용기의 파손이 일어나기 때문에 지진이 발생하더라도 처분용기가 안전하여 처분용기 파손에 의한 방사능 물질의 유출이 발생되지 않는 것을 알 수 있다.

부호의 설명

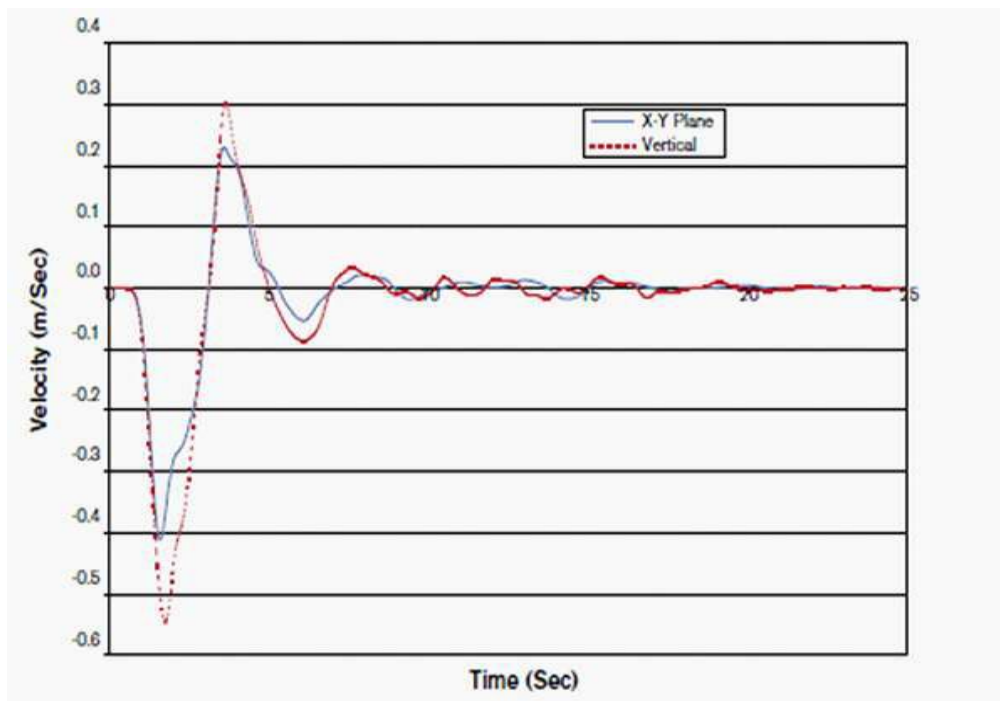
- [0065] 110: 방사성폐기물
- 120: 처분용기
- 130: 제 1완충제
- 140: 제 2완충제

도면

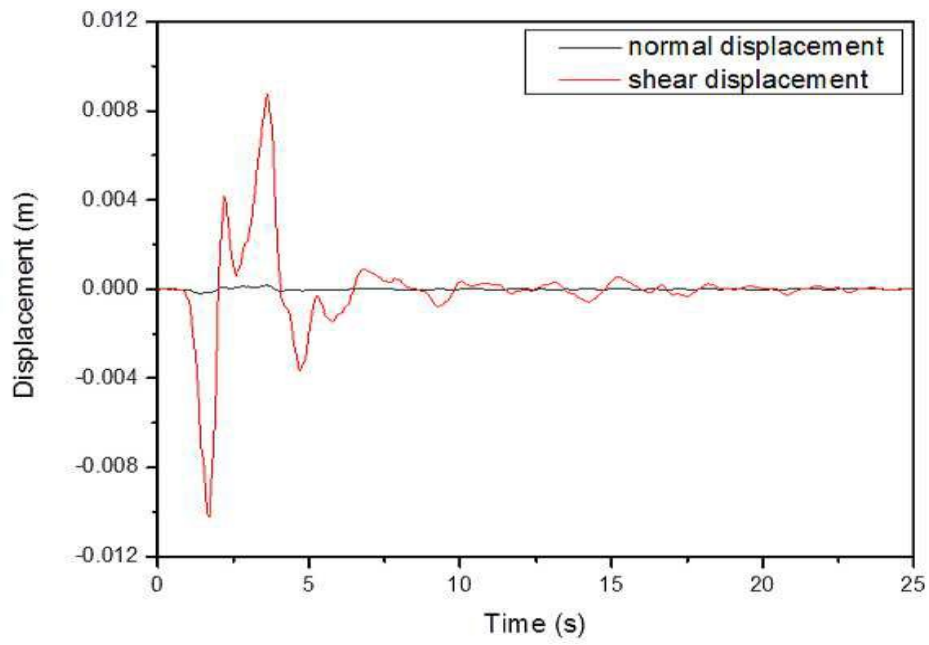
도면1



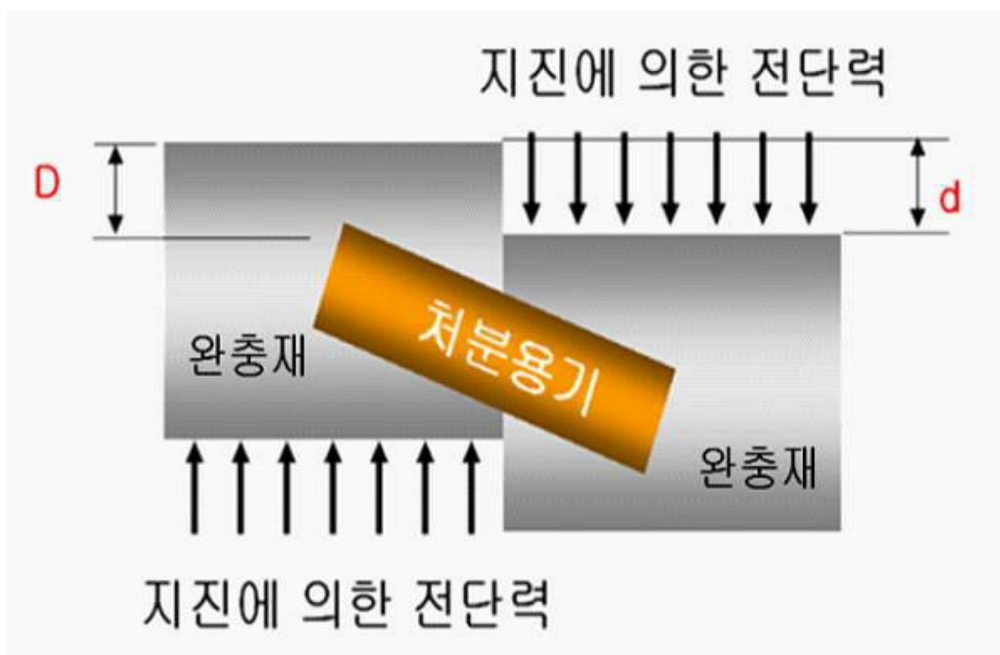
도면2



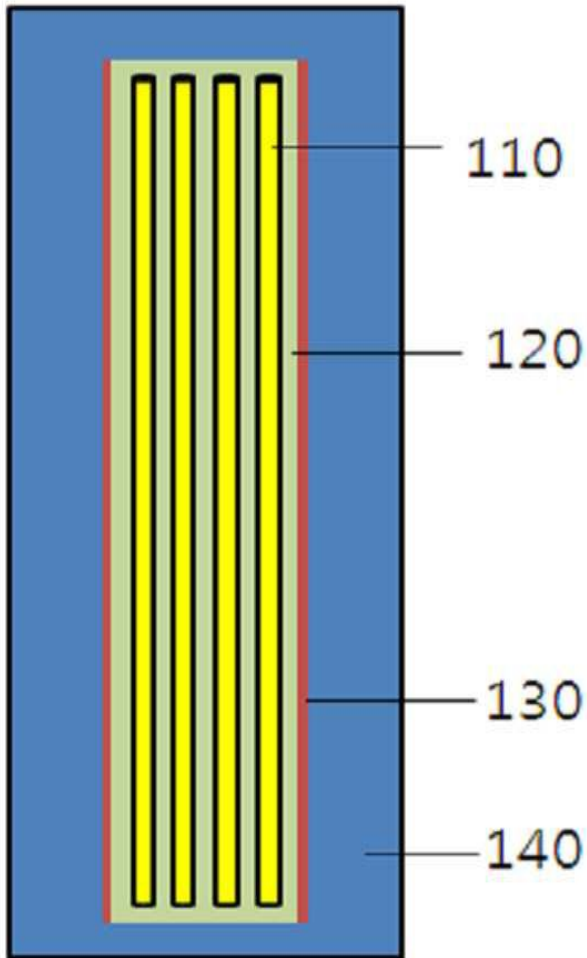
도면3



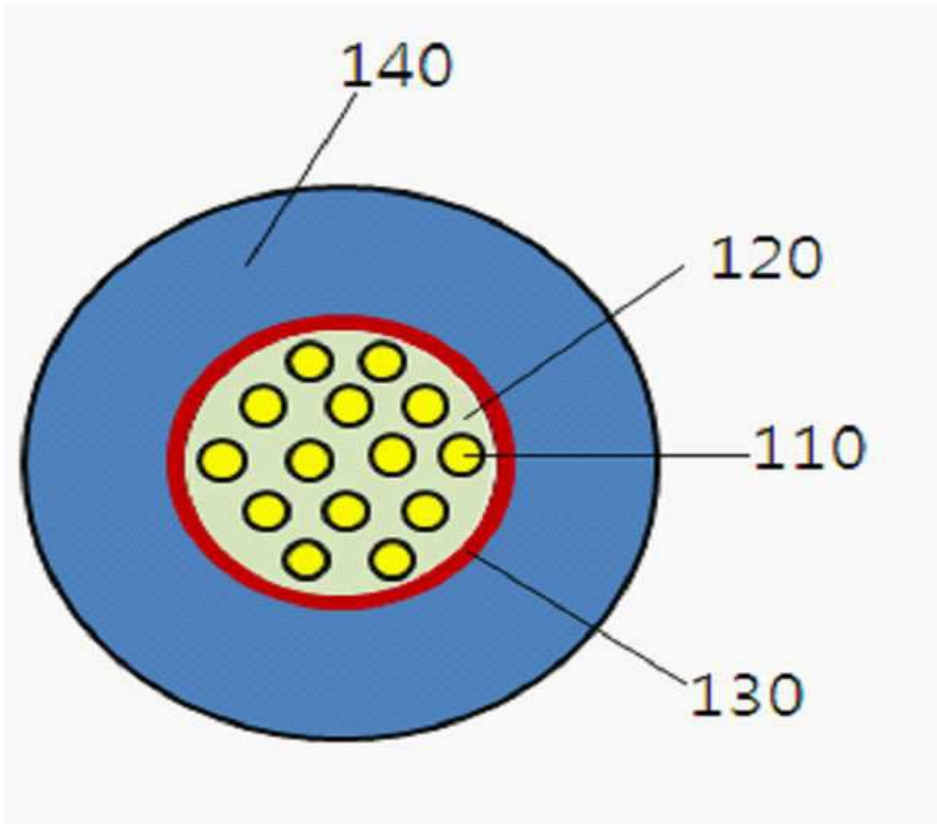
도면4



도면5a



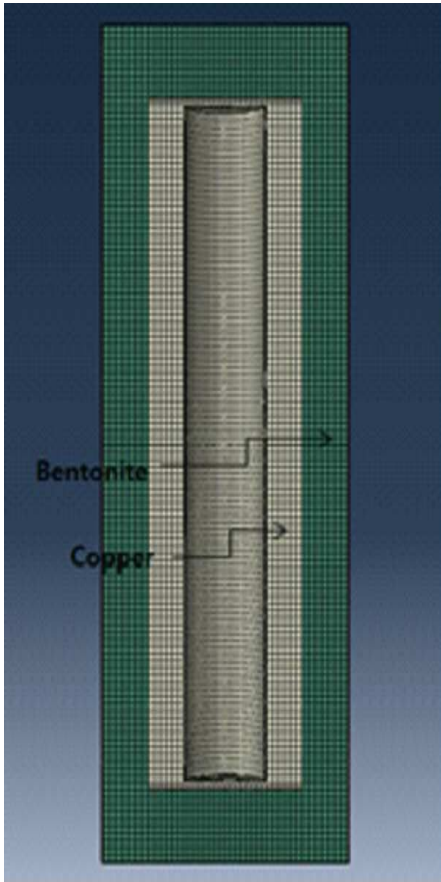
도면5b



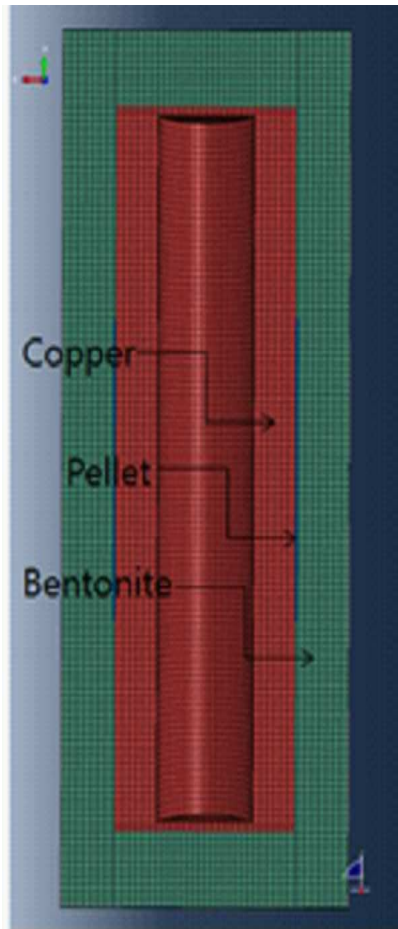
도면6



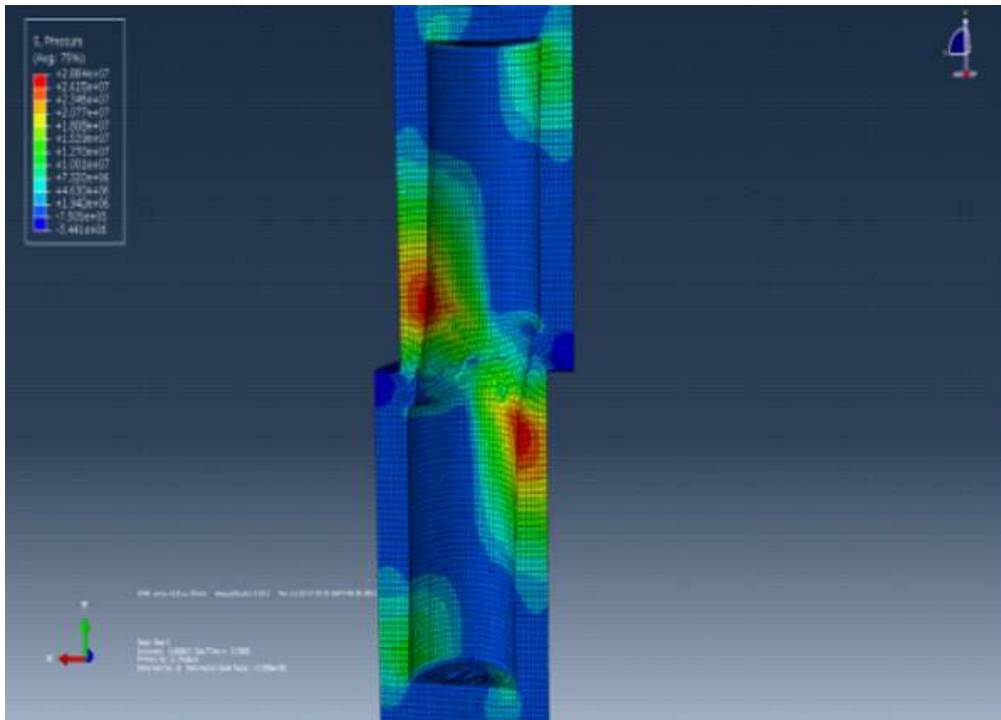
도면7a



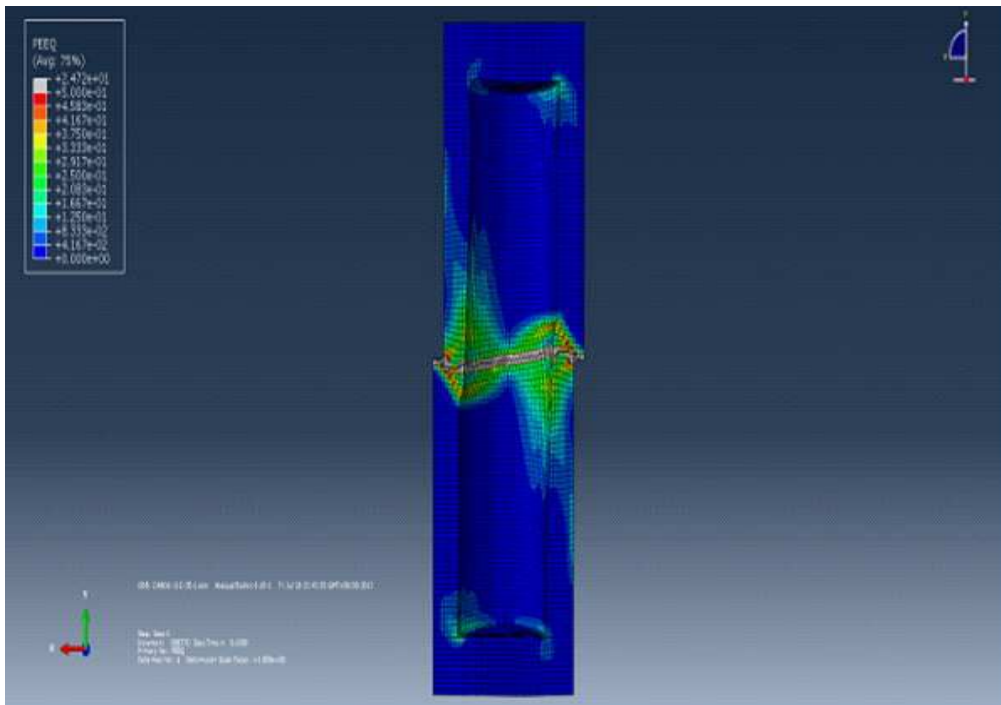
도면7b



도면8a



도면8b



도면10

