

중저준위 방사성 폐기물 처분덮개 성능 연구용 시설 개발

Development of Soil Cover Test Facility for LILW Radwaste Disposal

*박세문, 이찬구, 이은용, 김창락
한수원(주) 원자력환경기술원
305-600 대전광역시 유성우체국 사서함 149
*Tel: 042-870-0376, Fax: 042-870-0354
*e-mail: smpark@khnp.co.kr

요 약

한수원 원자력환경기술원은 중저준위 방사성 폐기물 천층처분시설의 안전성과 처분기술을 확보하기 위하여 KOPEC과 공동 연구로 국내 최초의 방사성 폐기물 처분덮개 성능 연구용 시설을 개발하고 있다. 시설설계는 이미 완료되어 2002년 9월에 시설공사를 시작할 예정이고 개념설계를 위한 토양수리특성 및 물수지 분석 자료는 HELP 코드를 이용한 모사를 통해 도출하였다. 연구용 시설은 지상과 지하 시설물로 구성된다. 지상 시설물은 6개의 연구용 셀(cell)과 작업 공간을 갖추고 있으며 각 셀에는 덮개토양 종류에 따른 토양수분이동 특성을 평가하기 위한 계측 센서가 매설된다. 지하 시설물은 처분고(vault) 형태로 건설하여 콘크리트 처분고의 물리·화학적 변화를 관찰하고 일부 처분고에는 모의 폐기물 드럼을 저장, 전시하여 처분시의 모습을 일반인에게 공개할 예정이다.

Abstract

NETEC and KOPEC have carried out a project to develop the research facility on soil cover system of LILW disposal for enhancement of safety assessment technology. The concept and construction designs have already been finished. The construction for the facility will be started from September 2002. The facility is composed of 6 test cells in ground level and 6 vaults in underground level. Each cell was designed for the different research purpose from one another. The TDR and Tensiometer sensors will be buried in the cell with routine depth interval for the soil moisture measurement. The data acquisition system will also be established with the soil moisture measurement sensors, outdoor atmospheric measurement sensors(Temperature, moisture and precipitation). The physical and chemical changes will be observed in the vaults. Some vault will be opened for the

public showing its disposal type. The present paper introduces the general facility background, the cover design and HELP model which was used for simulation for the facility design concept.

배 경

원자력환경기술원은 중저준위 방사성폐기물 처리, 처분을 주관하며 부지확보를 위한 노력과 연구업무를 수행하여 왔다. 본 논문은 중저준위 방사성폐기물 천층처분시설의 안전성과 처분기술을 확보하기 위한 연구업무를 일환으로 KOPEC과 공동연구로 개발하고 있는 방사성폐기물 처분덮개 성능 연구용 시설 개발을 소개하고자 한다. 환경기술원과 KOPEC은 연구시설의 설계를 이미 완료하여 2002년 9월에 원자력연구소내의 환경기술원 건물 인접부지에 시설을 건설할 예정이다.

연구개발의 주요 내용으로는 수리방벽 기능의 처분덮개 개념설계, 처분덮개의 성능을 검증할 수 있는 토양수분 이동특성 연구용 수분계측시스템 구성, 배수성능 시험용 설비설계, 포화수위 측정 설비 설치 등을 포함한다. 또한 물수지 분석을 통한 덮개의 수문성능 예비평가를 위해 HELP 코드를 사용하였으며, HELP 코드에 의한 처분덮개의 물수지 모사 결과를 간단히 소개하고자 한다.

토양수분 이동특성 연구용 수분계측시스템은 TDR(Time Domain Reflectometry)과 수분장력 측정기(Tensiometer)로 구성되고 이로부터 측정된 토양함량 수분과 토양수분장력을 분석하여 처분덮개의 성능을 분석하게 된다.

처분덮개 개념설계

그림 1은 처분 폐쇄개념과 처분덮개를 보여주고 있다. 처분덮개 개념설계는 규제기준 및 지침을 정하고 있으나 본 논문에서는 이의 소개를 생략하였다. 덮개의 기능을 최대화하고 성능실증에 필요한 여러가지 조건과 방법에 의한 장기계측과 관측, 현장시험 및 실내시험 등이 검토되었으며 시설에서 수행할 시험항목과 상세 내용은 다음과 같다.

(1) 계측 및 관측

(가) 정상 기후조건에서의 장기관측

- 표면 유출량
- 방호층, 하부배수층 및 수리방벽층의 온도, 함수비 및 matric potential
- 배수층의 측면배수량 및 수리방벽층의 투과량
- 강수량, 대기온도/습도
- 방호층의 침하량, 수리전도도와 물성변화

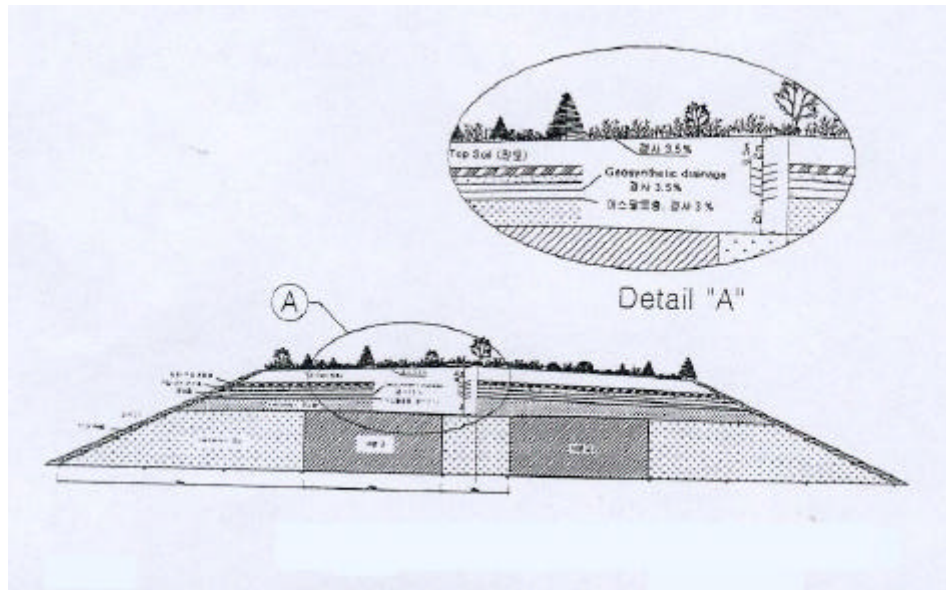


그림 1. 처분고의 폐쇄개념 및 처분덮개 상세도

- (나) 설계 강수조건에서의 주기적 시험과 계측
- 100년 빈도 최대강수량 기준의 주기적 시험
 - 포화상태 수두변화
- (2) 현장시험 및 실내시험
- 추적자 시험
 - 수리전도도 시험(투수시험)
 - 증발산 깊이, 각층의 변화상태 확인 및 시험
 - 토양(덮개재료) 기본 물성시험(입도분포, Atterberg limit, 밀도, 공극률 등)
 - 토양(덮개재료)의 다짐시험 및 함수비 시험

또한 앞서 소개한 대로 물수지 분석을 위한 모델링은 HELP 코드를 이용하였으며 HELP 코드에 대한 원리를 간략히 소개하겠다.

물수지 분석용 HELP 모델

본 과제 수행을 위하여 연구시설이 건설되는 대전지방 기후조건을 입력자료로 하여 HELP 코드를 이용하여 물 수지분석을 수행하고 그 결과를 개념설계에 적용하였다. HELP 코드는 당초 EPA가 천층처분 덮개 평가용으로 개발한 코드로서 평가코드로는 가장 널리 활용되는 모델이다. HELP 코드는 강수량에 따른 지표 유출량, 증발산량 및 배수량 등을 분석하여 물수지 상태를 이차원적으로 평가할 수 있는 프로그램이다. 자연상태에서의 수문평형은 다음과 같은 간단한 식으로 정의될 수 있다.

$$RG = P - (RO + ET + \Delta S)$$

RG = 충전량

P = 강수량

RO = 유출량

ET = 증발산

ΔS = 토양수분 저류량

위 수문평형에서 충전량은 강수에 의해 지층을 통해 침투한 물이 지하수로 합류하는 수량으로 정의되며 이 같은 수문평형 개념을 적용하여 직접 측정이 불가능한 충전량을 산출하는 방법이 물수지 분석 방법이다. HELP 모델은 층별 물성과 수리전도도 특성에 대한 모사에 따라 표면 유출량, 증발산, 측면배수량, 수직투과량을 계산하며 강우에 의한 수직 투과량과 측면 배출량을 다음과 같은 공식을 이용하여 계산한다.

(1) 수직 투과량

HELP 모델에서 불포화상태 수직이동은 토양수분 특성곡선과 Genuhten 공식으로 산출되는 field capacity와 wilting point 값 내에서 허용되며 일차원 유동 Darcy 법칙에 따라 계산된다. 이때 모세관 현상과 중력에 의한 작용은 고려하지 않는다.

$$q = K \left(\frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \right)^{3 + (2/\lambda)}$$

q = rate of downward flux

θ = soil water content

θ_r = residual soil water content

θ_s = porosity

λ = pore size index

(2) 측면 배수량

HELP 모델에서 포화상태 수평이동은 측면 배수층에서만 허용되며 아래 관계식으로 계산된다.

$$K_s \cos^2 \alpha \frac{\partial}{\partial x} \left(y \frac{\partial h}{\partial x} \right) + R - K_B \left(1 + \frac{y}{T} \right) = 0$$

x = horizontal distance from drain

y = saturated thickness in lateral drainage layer

α = inclination angle of lateral drain

h = elevation of phreatic drain

R = vertical drainage rate into saturated portion of lateral drainage layer

K_s = saturated hydraulic conductivity in lateral drainage layer

K_B = saturated hydraulic conductivity in barrier soil

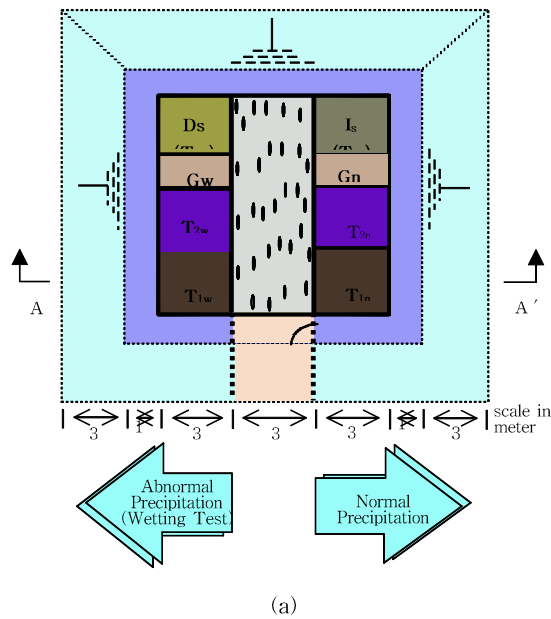
T = thickness of barrier soil layer

시험 Cell 설계

처분덮개의 가장 중요한 기능 중에 하나는 강수에 의한 물침투를 억제하는 수리방벽으로서의 기능이다. 그러므로 덮개층에서 수분이동 특성과 물 침투 현상을 규명하고 장기적인 덮개의 건전성을 확인하는데 주안점을 두어 시험시설을 설계하였다. 시험고(test cell)의 크기는 주요 시험내용과 측정기기의 배치계획을 고려하고 외국의 시험시설 규모(INEEL, 1996)를 참조하여 길이와 너비를 3m로 하고 깊이는 3.3m로 하였다. 시험시설 전체로는 그림 2와 같이 중앙의 현장 시험실을 중심으로 각각 세개씩의 시험고를 배치하여 오른쪽에서는 정상강수조건에서, 왼쪽에서는 설계강수조건에서 시험이 수행될 수 있도록 하였다.

시험고 T_1 과 T_2 에서는 각각 아스팔트와 지오�멤브레인의 방수층이 포함된 덮개와 차수층이 완전 열화되었을 경우를 가정하여 이를 제외한 덮개의 성능시험이 수행될 수 있도록 하였으며,

T_2 모델의 I_S 에서는 현장투수시험과 시료채취 등이 수행되고 T_1 모델의 D_S 에서는 장기관측



Legend

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------|
| T_1 : Type 1 cell | T_2 : Type 2 cell |
| G : Test Gallery | I_S : In-situ test cell |
| D_S : Destructive Sampling cell | ▨ : Field Laboratory |

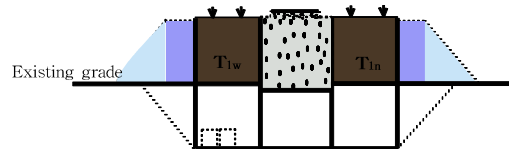


그림 2. (a) 시험시설 배치도 (b) A-A' 단면

후 덮개를 절개하여 각 층의 건전성을 확인하기 위한 시험과 시료채취 등이 수행될 수 있도록 하였다. 한편, 시험고 사이에는 다목적용 깔리리를 설치하여 시험고 벽체의 변위계측 등에 활용할 수 있도록 하였으며, 시험고 하부의 지하공간은 중간배수층과 하부저투수층의 배수량을 정밀하게 측정하기 위한 측정용기의 설치공간 등으로 활용될 수 있도록 하였다.

처분덮개의 배수성능 실증을 위해 지표수의 유출과 중간 배수층에서의 측면 배수량을 측정할 수 있도록 하였다. 지표수 유출은 덮개의 각 층이 중앙의 현장 실험실쪽으로 3.5% 정도 경사진 점을 고려하여 그림 3과 같이 중앙 실험실과 양측 시험고 사이에 각각 사각형의 개수로를 설치하여 배수되도록 하였으며 중력배수가 가능할 정도로 경사진 개수로의 끝부분에 V notch를 설치하여 일차적인 유량 측정도 가능하도록 하였다.

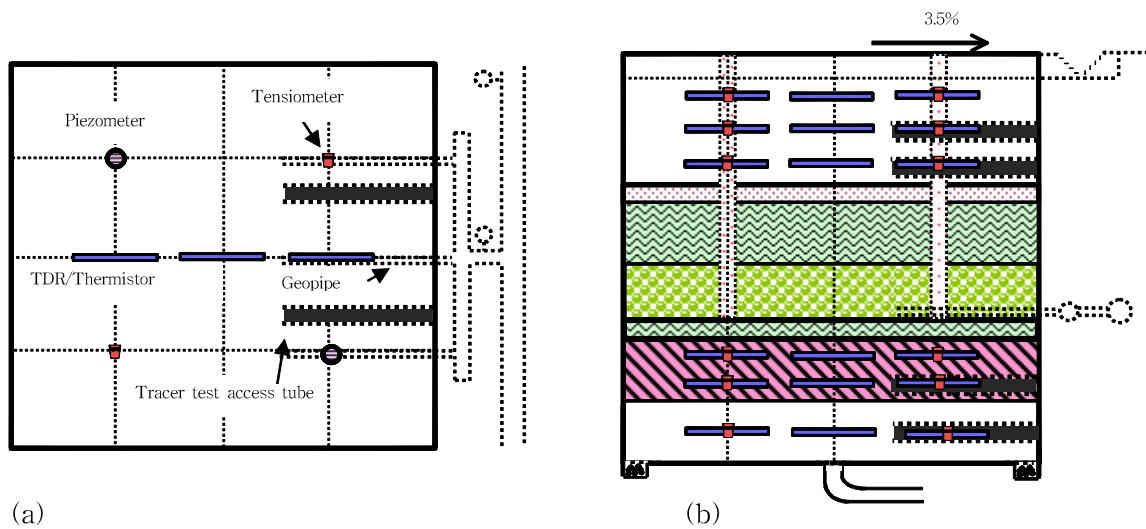


그림 3. 센서매설 위치와 type 1 cell(T_{1w})의 배수시스템
(a) 평면도 (b) 단면도

도양덮개

성능시험용 처분덮개는 환경기술원에서 수행한 개념설계(원자력환경기술원, 2000 ; 최규섭 외, 2000 ; 장근무 외, 2000)를 따른 것으로 그림 4의 Type 1을 성능시험 대상의 주 모델로 선정하였다. 이 Type 1은 표면의 식재층을 포함한 실트층을 상부보호층(방호층)으로, 자갈층을 생태방벽층으로, 모래층을 중간배수층으로, 아스팔트와 지오�멤브레인층을 차수층으로, 벤토나이트를 일부 혼합한 점토층을 하부 저투수층으로 하는 다층구조로 구성된다. 실제 처분덮개는 6.2m 두께로 설계되어 있으나 Type 1의 두께는 물수지 분석을 통한 덮개성능 분석결과, 덮개 수문성능이 유지되는 최소 두께인 3.3m로 하였다. 그러나 시험의 주 목적이 배수층과 차수층의 성능을 입증하기 위한 것인 점을 고려하여 두 층은 실제 두께가 유지되도록 하였다. Type 2는 처분덮개가 실제로 장기간 운영되었을 때 예상될 수 있는 아스팔트와 지오�멤브레인 차수층이 완전히 열화된 경우를 고려하여 Type 1에서 이들 두 층을 제외한 경우의 덮개성능을 시험하기 위한 것이다. Type 1과 2의 상부 실트층 하단과 Type 2의 배수층 하단에 설치될 지오택스타일층은 이

층의 상부층과 하부층이 섞이는 것을 방지하는 필터층으로서의 역할만을 한다.

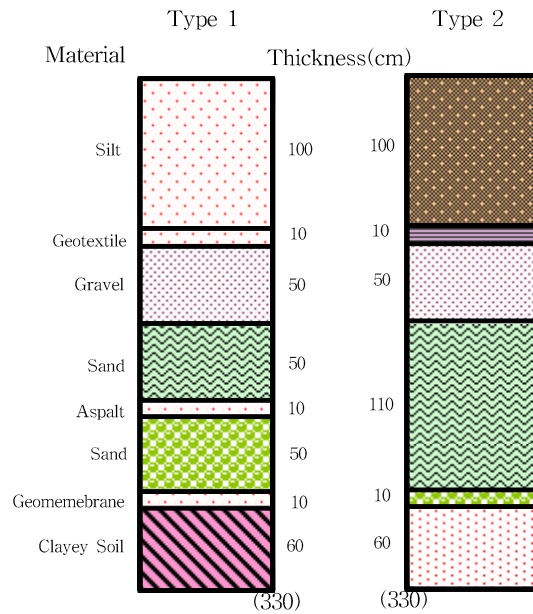


그림 4. 토양덮개 구조

토양덮개 수분계측 시스템 구성

본 연구 목표인 배수량, 유출량 특히 덮개심도에서의 시간대별 수분함량과 matric potential 분포 변화를 측정하기 위해서 여러 측정장비의 장·단점을 비교 검토해 본 결과 최적의 시스템 구성에 토양수분함량 측정장비로 TDR을, 토양수분장력 측정장비로 Tensiometer 만을 설치하여 시스템을 구성하였다.

TDR과 Tensiometer는 그림 3에서와 같이 각각 단위셀 중앙부의 3개소와 대각선 방향의 2개소에 매설되도록 하였고 매설 심도에 따라서는 셀 당 6줄까지 매설되도록 하였다. 각각의 TDR과 Tensiometer의 측정결과는 여러개의 multiplexer를 통해 data logger에 자동 기록되고 컴퓨터에 저장할 수 있도록 하였다.

토양수분 함량 및 토양온도 측정장비 (TDR/온도 측정 시스템)

Probe와 TDR 및 logger를 별도로 설치하는 것보다는 probe와 TDR 및 thermistor가 한 센서 안에 내장된 제품을 선택하였다. 또한 토양수분 판독기를 이용한 수동측정도 가능하므로 비상시 측정이 가능하여 활용도가 높을 것으로 기대된다.

수동 측정을 위한 시스템 구성은 TDR probe (AQUA-TEL -TDR+T)를 설치 후 각각의 센서를 연결한 케이블 끝을 TDR 판독기(AQUA-TEL Meter)에 연결하면 TDR과 온도의 수동 측정이 가능해진다. 본 연구에서는 각각의 센서를 32개의 channel로 구성된 multiplexer 7대와 연

결하고 TDR 센서 케이블과 온도 케이블을 각각 연결한 후 logger와 컴퓨터에 연결하여 체적 함수비와 온도를 자동으로 계측하고 분석할 수 있는 자동측정 및 저장 시스템을 구성하였다.

TDR과 온도는 셀당 18개씩 6개 셀과 주변토양에 3개씩 매장하여 총 111개씩 측정되도록 설계하였다.

토양수분장력 측정장비 (Tensiometer 시스템)

연구 특성상 센서(ceramic cup 및 cable)를 매설한 후 end cap 부위가 지표면이 아닌 중앙 계측시설 벽면에 돌출되어야 하므로 연질의 연결 튜브를 사용할 수 있는 제품인 micro-tensiometer를 사용하였다. 수동측정을 원할 시 dial gauge 대신 편리한 토양수분 관독기를 활용할 수 있다.

본 연구에서는 자동화를 위하여 수분 장력계와 logger를 연결할 수 있는 부품인 전자식 진공 압력계를 활용하여 logger에 연결하여 자동 계측 시스템을 구성하였다.

수동측정 시스템 구성은 micro-tensiometer의 다공성 ceramic cup을 프라스틱에 연결, 튜브내에 물을 채우고 매설 후 튜브의 머리부분을 실리콘 마개로 막은 후 관독기(electronic tensicorder)를 사용하면 된다. 본 연구에서는 매설된 총 75개의 튜브머리 부분에 자동 진공 압력계를 설치하고 각각의 센서를 32개의 channel로 구성된 multiplexer 3대와 연결한 후 logger와 컴퓨터를 연결하여 토양수분 장력을 자동으로 계측하고 분석할 수 있도록 자동측정용 data acquisition system을 구성하였다.

실증연구시설 설계

연구시설은 지상 및 지하의 두층으로 이루어지며, 지하에는 모형 전시실과 현장 실험용 vault 등을, 지상에는 시험용 최종덮개의 성능을 실험하기 위한 6개의 단위 셀을 건설한다. 각 부분별 주요 설계내용은 다음과 같다.

시험고(Test Cell) 설계

처분덮개는 각각 다른 종류의 재료 (자갈층, 모래층, 실트층, 점토층 등)들로 구성되므로 각 층 시공 시 설계기준을 충족할 수 있도록 적절한 실내 및 현장 시험을 수행토록 하였으며 각 층마다 3.5%의 경사를 주었고, 이와 별도로 표토층 옆에 표면유출량을 측정하기 위한 배수로를 두었다.

배수계통으로는 중간배수층과 하부차수층을 통해 흘러나오는 물이 각각 개별로 집수될 수 있도록 밖과 안쪽에 집수조를 따로 설치하였다. 즉 실험 시 차수층을 통해 흘러 들어오는 물은 내부 tipping bucket에 모이도록 하였고 유공파이프를 통하여 중간배수층으로 부터 흘러 들어오는 물은 측벽배수 파이프를 따라 지하층의 집수조에 배수되도록 설계하였다. 표면유출량을 측정하기 위해서는 표토층에서 배수되는 물이 셀 상단의 좌우에 설치된 배수로를 통하여 강우 집수조에 모이도록 하였다.

전기(계측) 설계

각 셀의 덮개에는 수분이동특성 및 온도변화를 측정하기 위한 등 많은 계측기들이 매설되게 된다. 이들 계측기들을 연결하는 수많은 케이블들을 체계적으로 관리하기 위하여 각 케이블은 천정에 매달린 Cable Tray에 모여지도록 설계하였다.

배수파이프 및 집수조 설계

유공관(Piezometer, Access Tube, Geopipe) 및 측면배수계통 설계는 총 6개의 셀중 type 1에 해당되는 3개 셀의 경우 배수층이 아스팔트 차수층을 경계로 상·하 두층으로 구분되며 type 2의 경우에 해당되는 나머지 3개 셀의 경우에는 배수층이 하나의 층으로 구성된다. 각 셀에서의 측면 배수를 위해 type 1의 경우에는 상·하 배수층 모두의 하단부에 geopipe를 설치하고 type 2의 경우에는 배수층 하단부 1곳에 geopipe가 설치된다. 이 geopipe를 통해 배수되는 물은 측면 배수파이프를 통해 지하에 설치되는 최종 집수조로 배수되도록 하였다.

Geopipe의 재질은 외경이 2인치인 PVC로 하며 자연배수를 위해 3.5%의 구배를 주도록 설계되었다. Geopipe는 셀 내부로의 투과수를 유공을 통해 집수하게 되므로 유공율은 10% 이상으로 하고 토양의 파이프내 침투를 방지하기 위하여 10mm 정도 두께로 부직포를 감싸는 것으로 설계하였다.

측면 배수계통 설계를 위해 Geopipe를 통해 하부층 집수조로 배수되도록 설계하였다. 측면 배수계통은 앞서의 개념설계 결과에 따라 6개의 셀 중에서 Type 1인 T1w, T1n, Ds 셀에는 중앙의 현장실험실 바닥으로부터 각각 70cm와 130cm 높이가 되는 두 곳에, type 2인 T2w, T2n, Is 셀에는 70cm 높이에만 설치되도록 설계하였다. 130cm와 70cm 높이에 설치된 배수파이프는 수직 방향 파이프를 통해 서로 연결되며 최종적으로 최하단부 배수파이프로 모여 하부층 집수조로 배수되며 모든 수평방향 배수파이프는 1%의 구배를 유지하여 자연스러운 배수가 되도록 설계하였다.

측면 배수파이프의 재질은 PVC로 하며 수평방향 배수파이프와 수직방향 배수파이프의 직경은 각각 4"와 2"로 설계하였다.

하부층에 설치될 집수조는 FRP 재질로 wetting test side용과 normal test side용 각 1개씩으로 폭x길이x높이가 각각 0.5x1.2x1.2m와 0.5x1.2x1.1m가 되도록 설계하였다.

기타설비 설계

기타 설비로는 집중 호우 시 배수층을 통한 배수가 충분하지 못할 경우 일시적으로 배수층 상부 구간에 수두가 형성될 수 있으므로 이런 상황에서의 수두 형성과 변화를 관측하기 위해 wetting test side에는 piezometer를 설치하는 것으로 설계하였다. 또한 정상적 조건하에서의 수분이동 특성을 보다 효율적으로 분석하기 위해서는 추적자 시험을 병행할 필요가 있으므로 시험 시 추적자의 시료채취를 위해 normal test side에는 access tube를 설치하는 것으로 설계하였다.

Piezometer는 셀 내부의 수두를 측정하기 위한 것으로 배수층 중 모래층 구간에만 구멍을 뚫어 투과수를 집수하도록 하였다. Piezometer의 재질은 외경이 3인치인 PVC로 하며 개공율은 원활한 물 집수를 위해 10% 이상으로 하였다. 내부로 토양이 유입되는 것을 방지하기 위해

10mm 이상 두께의 부직포로 구멍이 뚫린 구간을 감싸서 시공토록 설계하였다. 또한, 강우나 이물질의 유입을 방지하기 위해 상부에 개폐식 뚜껑을 설치하도록 설계하였다.

추적자 시험 시료채취용 Access Tube는 PVC 재질의 유공관으로 직경은 2인치로 하며 셀벽 밖으로 20cm 돌출되게 설치하고 돌출부 끝단에 개폐장치를 설치하도록 설계하였다. 개공율은 10% 이상으로 하였으며 길이는 1.5m 이상이 되도록 하였다.

결론

본 과제 수행을 통해 국내 최초로 중저준위 방사성폐기물 천층처분 연구시설을 확보하게 되며 처분덮개의 성능 시험을 통해 HELP code를 통한 모사결과에만 의존하던 성능평가 방법을 실 data의 획득으로 우리 환경에 적합한 처분덮개를 평가할 수 있는 기술이 한단계 높아질 수 있는 계기가 되리라 믿는다.

또한 국내의 널리 활용되고 있는 HELP 코드의 활용성을 검증할 수 있는 계기도 되어 코드 활용에 있어 향후 부족한 부분을 개선할 수 있는 기회가 될 것이다. 본 과제 수행후 확보된 연구시설은 또한 향후 다른 각도의 천층처분 연구를 수행하게 되는데 기여하게 될 것이다.

References

Bishop, C.W., 1996, "Soil Moisture Monitoring Results at the Radioactive Waste Management Complex of the Idaho National Engineering Laboratory", FY-96, FY-95, and FY-94, INEL-96/297, Lockheed Martin Idaho Technologies Company, Idaho Falls, Idaho.

Hakonson, T. E., 1998, Capping as an alternative for landfill closures-Perspectives and approaches in the United States, IAEA, advisory group meeting report(draft), 20

IAEA, Division of Nuclear Fuel Cycle and Waste Technology, 2001, Planning and Implementation of Closures of Near Surface Disposal Facilities (draft), 93

INEEL(Idaho National Engineering and Environmental Laboratory), 1996, RWMC(Radioactive Waste Management Complex) SDA(Subsurface Disposal Area) engineered-barrier test plan, 33

Kaser, T.G. and Adler Flitton, M.K., 1997, "Data Acquisition System for RWMC SDA Engineered Barriers Test", INEL-96/311, Lockheed Martin Idaho Technologies Company, Idaho Falls, Idaho.

NUREG/CR-2478, Vol. 3, 1987, A Study of Trench Covers to Minimize Infiltration at Waste Disposal Sites, 122

Porro, Indrek and Keck, Karen N., 1997, "Summary of Activities at the Engineered Barriers Test Facility, October 1, 1995, to January 31, 1997, and Initial Data", INEEL/EXT-97-00239, Lockheed Martin Idaho Technologies Company, Idaho Falls, Idaho.

Stephens, D.B. and Associates, Inc., 1996, "Calibration of Heat Dissipation and Thermocouple Psychrometer Probes", Albuquerque, New Mexico.

Topp, G.C., Davis, J.L. and Annan, A.P., 1980, "Electromagnetic Determination of Soil Water Content: Measurements in Coaxial Transmission Lines", *Water Resources Research*, 16(3), pp. 574-582.

40 CFR 264.310, 265.310, 2000, Closure and post-closure care, 316-317, 512

이찬구, 이은용, 박세문, 김창락, 염유선, 2001. "중·저준위 방사성 폐기물 천층처분을 위한 처분 덮개의 성능실증 시험시설 개념설계", *지질공학회지*, 제11권, 제3호, pp.245-254

장근무, 박주완, 윤정현, 최희주, 김창락, 2000, "Water balance evaluation of final closure cover for near surface radioactive waste disposal facility", *한국원자력학회지*, 32(3), 274-282

최규섭, 황태원, 김현, 이찬구, 2000, "국내 중저준위 방사성 폐기물 천층처분시설 개념설계", 한국원자력학회, 2000 춘계학술발표회 논문집

한국수력원자력주식회사 원자력환경기술원, 2000, 중저준위 방사성 폐기물 천층처분시설 개념설계 종합보고서, 255