

## 중·저준위 방사성폐기물 천층처분을 위한 처분덮개의 성능실증 시험시설 개념설계

### A Conceptual Design on Performance Test Facility of Disposal Cover for the Near Surface Disposal of Low and Intermediate Level Radioactive Waste

---

이 찬 구(Chan Goo Rhee)	한수원(주) 원자력환경기술원
이 은 용(Eun-Yong Lee)	한수원(주) 원자력환경기술원
박 세 문(Se-Moon Park)	한수원(주) 원자력환경기술원
김 창 략(Chang-Lak Kim)	한수원(주) 원자력환경기술원
염 유 선(Yu-Sun Yeom)	한수원(주) 원자력환경기술원

---

#### 요약 / ABSTRACT

처분덮개는 중·저준위 방사성폐기물 천층처분시설의 성능 유지에 중요한 역할을 하므로 여러가지 시험과 장기관측을 통한 처분덮개의 성능실증 연구는 시설의 안전성 확보에 불가결한 요소이다. 처분덮개의 기본적인 성능요건으로는 분투수성, 건전성, 열화에의 저항력 및 유지보수의 용이성 등을 고려할 수 있다. 이러한 성능요건을 단일층으로는 충족하기 어려운 점을 고려하여 HELP(Hydrologic Evaluation of Landfill Performance) 코드를 사용한 물수지 평가를 통해 상부 보호층, 중간 배수층 및 하부 지투수층 등으로 구성된 다층덮개 개념을 도출하였다. 처분덮개 내에서의 수분이동특성을 규명하기 위해 TDR(Time Domain Reflectometry)과 Tensiometer를 사용하여 각각 함수비와 matric potential의 변화를 3×3×3.3m 크기의 6개 시험고에서 장기관측 할 수 있도록 설계하였다.

주요어 : 천층처분, 처분덮개, HELP, TDR, Tensiometer

The experimental study on disposal cover through the performance test facility offers reliability in the safety of near surface disposal of low and intermediate level radioactive waste.

To ensure the long-term safety of the repository, the impermeability, integrity, resistance to degradation and ease of maintenance might be considered as the basic performance requirement of

the disposal cover. Considering the difficulties to meet these performance requirement by using single layer, the disposal cover design which is composed of top layer, middle drainage layer and bottom low permeability layer is schemed for the test facility. The water balance of the cover was evaluated by using HELP code. For the long-term monitoring of the soil moisture content and matric potential, TDR probes and tensiometers will be installed in 6 test cells. Each test cell is dimensioned 3×3×3.3m.

Key Words : Near surface disposal, Disposal cover, HELP, TDR, Tensiometer

## 서 론

현재까지 미국에서는 10여개의 저준위방사성폐기물 천층처분장이 운영되었거나 운영 중에 있는데 이들 중 일부 처분장에서 미량이긴 하지만 삼중수소와 같은 방사성물질이 검출되기도 하였다. 1970년대 초반 이전에 미국에서 운영되던 대부분의 중·저준위방사성폐기물 처분시설은 요즈음과 같이 안전성을 강화한 공학적 안전설비를 갖춘 시설이 아니라, 단순히 땅을 판 후 안전개념의 공학적 구조물을 설치하지 않고 그냥 폐기물을 묻고 흙으로 그 위를 덮은 다음 그대로 방치하는 단순 천층 처분 시설이었다.

방사성물질의 검출이 보고된 대부분의 경우는 주변토양을 사용한 단층구조의 트렌치 덮개를 통해 강수가 과도하게 침투하는 경우로, 일반적으로 트렌치 덮개와 폐기물이 채워진 트렌치 내부는 원래의 토양보다 투수성이 크므로 다진다고 다져도 트렌치 내에 물이 고이는 소위 "bathtub effect"를 피하기 어려웠기 때문이었다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 많은 연구들이 수행되었는데 Murphy와 Hotter는 단층구조를 다층화하기 위한 덮개 설계기술의 개선과 지표수의 측면 배수를 통한 지표수의 효율적 관리가 가장 중요한 요소임을 밝혔으며, Frind 등은 실험을 통해 다층구조의 조립층 위에 놓인 세립층은 조립층이 없는 경우보다 물(수분) 보유능력이 크다는 소위 "wick effect"의 개념을 처분덮개 설계시 적용 가능함을 밝혔다(NUREG/CR-2478, Vol 3, 1987).

초기 단순 천층처분 방식의 문제점을 인식한 미국 원자력규제위원회와 환경보호국에서는 1980년대에 들어와서 위와 같은 다층덮개에 대한 연구결

과들을 반영하여 관련규정을 강화함으로써 더 이상 안전상의 문제가 야기되지 않도록 하였다. 최근 미국에서는 이와 같이 강화된 안전규정을 토대로 환경복원 프로그램에 따라 진행되고 있는 많은 쓰레기 매립장과 위해폐기물 처분장의 성능개선을 위해 다층구조의 처분덮개를 설치하는 방식이 주로 사용될 것으로 예상되고 있다(T. E. Hakonson, 1998).

다층덮개의 활용성을 높이기 위해서는 성능에 대한 입증이 수반되어야 하므로 시험시설을 이용한 실증연구가 여러 나라에서 진행되고 있으며, 특히 중·저준위 방사성폐기물을 천층처분하고 있는 미국, 프랑스 및 스페인 등에서 장기간에 걸쳐 활발히 수행되고 있다. 그러나 우리나라에서는 아직 이와 유사한 연구가 수행된 바가 없으며 최근에서야 일부기관에서 방사성폐기물 처분을 위한 다층덮개에 대한 연구가 시작된 형편이다. 다층덮개의 성능을 입증하기 위해서는 적절한 덮개모델의 선정과 덮개를 통한 수분이동현상 및 차수층 등 각종의 기능확인을 위한 장기적인 관측과 시험이 필요하며 이러한 관측과 시험계획이 실증시설의 설계에 효율적으로 반영되어야 한다.

## 처분덮개의 성능요건과 설계지침

천층처분시설에서 처분덮개는 외부 침입으로 인한 폐기물과의 접촉을 차단하기 위한 침입방지방벽(intruder barrier)과 강수나 지하수와 같은 물과의 접촉을 차단하기 위한 수리방벽(hydraulic barrier)의 역할을 하므로 처분덮개의 성능확보는 곧 처분 안전성 확보 문제로 직결된다. 이와같은 처분덮개 성능의 중요성을 고려하여 국제원자력기구(IAEA : International Atomic Energy Agency)와 미국 원자

력규제위원회(NRC:Nuclear Regulatory Committee) 및 환경보호국(EPA : Environmental Protection Agency) 등에서는 각각 다층구조의 처분덮개에 대한 성능요건과 설계지침 등을 제시하였다.

#### 성능요건

IAEA에서는 최근 운영이 끝났거나 또는 계획중인 처분시설 모두에 적용될 성능요건을 제시하였으며(IAEA, 2001), EPA의 성능요건은 40 CFR 264 와 265에 제시되어 있다(40 CFR, 2000). 이들 두 기관이 제시한 성능요건은 기본적으로 매우 유사하며 중요한 내용은 1) 덮개를 통한 물(유체)이동의 최소화와 유지보수의 최소화, 2) 덮개를 통한 배수의 촉진 및 덮개의 침식과 마모의 최소화, 3) 침하와 침강의 자체 적응을 통한 덮개 건전성의 유지 및 농결과 용해의 사이클이나 생물학적 침입 등과 같은 외부 작용으로 인한 열화에 대한 저항력 유지 등이다.

#### 설계지침

IAEA 뿐만 아니라 EPA와 NRC 등에서도 설계지침을 제시하였는데 이들 중 EPA에서 제시한 위해폐기물 처분을 위한 쓰레기매립장의 폐쇄덮개 설계지침이 가장 엄격한 편이다. EPA가 강화된 법률에 따라 제시한 "RCRA(Resource Conservation and Recovery Act) C cover"의 각 층에 대한 설계지침을 요약하면 다음과 같다.

1) 상부 보호층(Vegetative top layer) ; 15cm의 식재층을 포함하여 최소한 두께가 60cm 이상이어야 하고 침하와 침강 발생 후의 최종적인 상단부의 경사는 3%~5% 이어야 하며, 식재된 식물의 뿌리가 성장하여 하부 저투수층을 교란시키지 않아야 함.

2) 중간 배수층(Middle drainage layer) ; 최소 두께가 30cm 이상이어야 하며 최소 경사는 3% 이상으로 포화수리전도도가  $10^{-3}$ cm/sec 이상이어야 하며 배수층이 막히지 않도록 상부층과의 사이에 geotextile 등과 같은 필터층을 포설하여야 함.

3) 하부 저투수층(Bottom low permeability layer) ; 최소 두께가 60cm 이상이어야 하며 상단면의 경사는 3% 이상으로 포화수리전도도가  $10^{-7}$ cm/sec 이

하이어나 하부 배수층과의 사이에 최소 두께가 20mil 이상인 박층의 라이너(Flexible membrane liner)층을 두어야 함.

EPA에서는 이러한 설계지침 이외에도 굴착성 동물의 침입이나 식물뿌리의 침투를 방지하기 위한 자갈층과 같은 생태방벽층의 필요성을 제시하였으며, 성능요건의 충족을 입증할 수 있다면 어떤 형태의 설계도 적용할 수 있도록 하였다.

## 실증시험시설 개념설계

### 시험용 처분덮개모델의 선정과 물수지 평가

성능시험용 처분덮개모델로는 기 설계된 실제 처분덮개모델이 주 모델로 선정되어야 하며, 시험의 주목적이 처분덮개의 주요 기능 중 하나인 수리방벽으로서의 성능을 시험하기 위한 점을 고려하여 Fig. 1의 타입 1을 성능시험 대상의 주 모델로 선정하였다. 이 타입 1은 원자력환경기술원에서 EPA와 NRC의 설계지침과 외국의 사례를 참조하여 수행한 전층처분시설 개념설계(원자력환경기술원, 2000 ; 최규섭 외, 2000 ; 장근무 외, 2000)결과를 따른 것으로 표면의 식재층을 포함한 실트층을 상부보호층으로, 자갈층을 생태방벽층으로, 모래층을 중간배수층으로, 아스팔트와 geomembrane층을 차수층으로, 벤토나이트를 일부 혼합한 점토층을 하부저투수층으로 하는 다층구조로 되어있다. 실제 처분덮개는 6.2m 두께로 설계되어 있으나 타입 1의 두께 3.3m는 시험시설 규모에 맞춰 각 층의 두께를 축소 조정한 것으로, 시험의 주 목적이 배수층과 차수층의 성능을 입증하기 위한 것인 점을 고려하여 두 층은 실제 두께대로 유지되도록 하였으며 나머지 층들은 EPA에서 제시한 최소 두께 이상이 되도록 하여 전체적으로 약 50% 정도로 축소한 것이다. 타입 2는 처분덮개가 실제로 장기간 운영되었을 때 예상될 수 있는 아스팔트와 geomembrane의 차수층이 완전히 열화된 경우를 가정하여 타입 1에서 두 층을 제외한 경우로, 최악 조건일 때의 덮개 성능을 시험하기 위한 것이다. 타입 1과 2의 상부 실트층 하단과 타입 2의 배수층 하단에 설치될 geotextile 층의 기능은 차수를 위한 것이 아니라

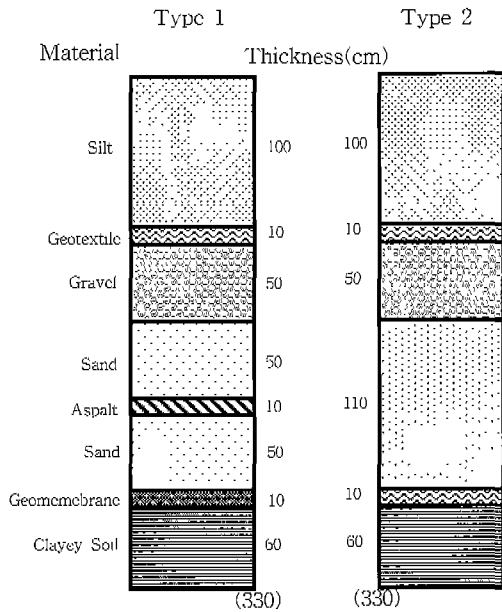


Fig. 1. Test facility cover profile

필터층으로서 이 층의 상부층과 하부층이 섞이는 것을 막기 위한 것이다.

두 타입의 시험용 처분덮개의 수리방벽 성능을 분석하기 위하여 HELP 코드를 사용하여 물수지 평가를 수행하였다. 물수지 평가를 위해 대전지방의 연평균 기상자료와 기존 자료중 Table 1과 같

이 각 층의 대표적 수리자료를 선택하여 입력자료로 사용하였다.

HELP 코드는 강수량에 따른 지표유출량, 증발산량 및 배수량 등을 분석하여 물수지 상태를 이차원적으로 평가할 수 있는 널리 사용되고 있는 프로그램으로 이 코드에서는 다음과 같은 수분이동식을 토대로 배수층 상부구간의 비포화투수계수(K)를 산출하게 된다.

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

- 여기서,  $q$  : rate of downward flux
- $\theta$  : 체적함수량
- $\theta_r$  : 잔류함수량
- $\theta_s$  : 포극률
- $\lambda$  : pore size index

물수지 평가는 타입 1의 차수층이 장기간 성능을 유지하는 것으로 가정하였으므로 HELP 코드의 기후자료 생성기(weather generator) 기능을 사용하여 생성한 100년 빈도의 연평균 강수량과 일일 평균 강수량을 토대로 수행되었으며 그 결과는 각각 Table 2 및 Table 3과 같다.

Table 1. Hydraulic properties of cover layer

Layer material	Porosity (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	Field Capacity (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	Wilting Point (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	Hydraulic Conductivity (cm/s)
Top Soil(Silt)	0.47	0.1984	0.1123	$1.0 \times 10^{-4}$
Gravel	0.32	0.0203	0.02	0.01
Pea gravel	0.26	0.03002	0.03	1.0
Sand	0.37	0.0559	0.0452	0.03
Asphalt	0.022	0.021	0.020	$1.0 \times 10^{-7}$
Clayey soil (Bentonite 20%)	0.26	0.138	0.1055	$1.0 \times 10^{-7}$
Geosynthetic membrane	$2^a$	$2^b$	$1.0 \times 10^{-4c}$	$1.0 \times 10^{-11}$

\* a. Pinhole density(#/ha) b. Installation defect(#/ha) c. Geotextile transmissivity(cm/s)

Table 2. Water balance evaluation results based on 100 years peak annual precipitation

Water balance	Type 1		Type 2	
	mm	liter	mm	liter
Precipitation	1373.62	-	1373.62	-
Runoff	161.31	1451.34	161.31	1451.34
Evapotranspiration	691.2	-	691.2	-
Lateral Drainage (Upper Sand)	432.23	3890.07	-	-
Percolation through Aspalt	88.28	-	-	-
Lateral Drainage (Lower Sand)	87.73	789.57	478.38	4305.42
Leakage from Clayey Soil	0.506	4.55	41.65	374.85
Storage Change	0.639	-	1.075	-

Table 3. Water balance evaluation results based on 100 years daily peak precipitation

Water balance	Type 1		Type 2	
	mm	liter	mm	liter
Precipitation	256.7	-	256.7	-
Runoff	183.8	1654.2	183.8	1654.2
Lateral Drainage (Upper Sand)	13.1	117.9	-	-
Percolation through Aspalt	0.8	7.2	-	-
Lateral Drainage (Lower Sand)	0.483	4.35	20.92	188.28
Leakage from Clayey Soil	0.00195	0.01755	0.215	1.935
Head on the top of Clayey Soil	135.97	-	191.4	-

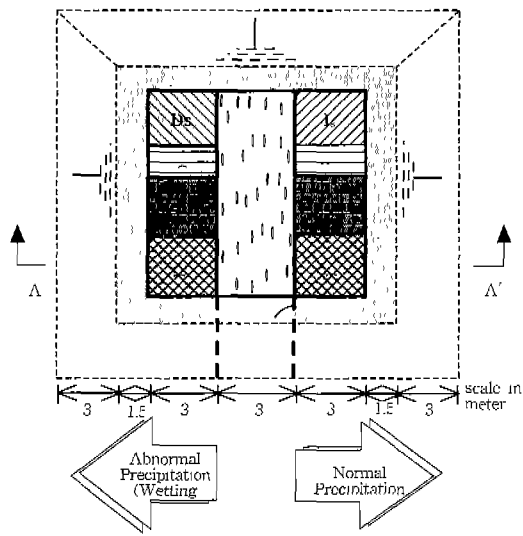
평가 결과 두 타입에 대해서 동일한 기상자료와 식생조건 및 경사도를 적용하였으므로 강수량, 표년유출량 및 증발산량은 동일하게 나타났다. 중간배수층에서의 측면배수량은 타입 1이 약간 크며 하부저투수층인 점토층을 통한 누수량은 당연한 결과로 차수층을 제외한 타입 2가 큰 것으로 나타났다.

두 타입에서의 100년 빈도의 연평균 누수량은 각각 0.51mm/년과 41.6mm/년으로 타입 1의 경우 극히 작은 값을 보이나 타입 2의 경우는 약간 큰 값을 보인다. 그러나 타입 2의 누수량도 프랑스 로브 처분장의 비정상조건에서의 허용누수량인 32~45mm/년과 비교할 때 큰 값이 아니므로 수리방벽으로서의 성능은 충분한 편이다.

#### 시험계획과 시설규모

처분덮개의 기능 중 중요한 기능은 강수의 침투를 억제하는 수리방벽으로서의 기능이므로 정상강수조건하의 비포화상태에서의 수분이동특성과 설계강수조건에서의 물 침투 현상을 규명하고 장기적인 덮개의 건전성을 확인하는데 주안점을 두어 시험시설을 설계하였다. 시험고(tcst cell)의 크기는 이와 같은 주요 시험내용과 측정기기의 배치계획을 고려하고 외국의 시험시설 규모(INEEL, 1996)를 참조하여 길이와 너비를 3m로 하고 깊이는 3.3m로 하였다. 시험시설 전체로는 Fig. 2와 같이 중앙의 현장실험실을 중심으로 각각 세개씩의 시험고를 배치하여 오른쪽에서는 정상강수조건에서, 왼쪽에서는 설계강수조건에서 시험이 수행될 수 있도록 하

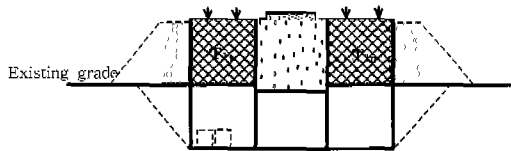
였다.



(a)

Legend

- T<sub>1</sub> : Type 1 cell
- T<sub>2</sub> : Type 2 cell
- G : Test Gallery
- I<sub>s</sub> : In-situ test cell
- D<sub>s</sub> : Destructive Sampling cell
- ▨ : Field Laboratory



(b)

Fig. 2. (a) Layout of test facility (b) Cross section of A-A'

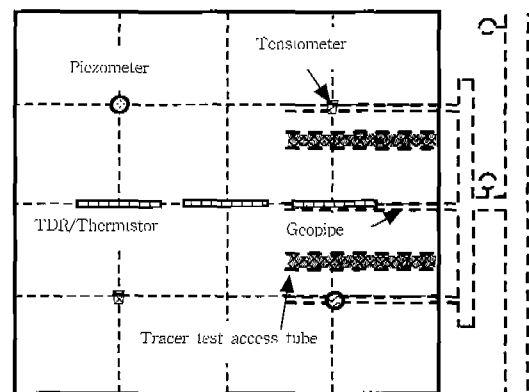
시험고 T<sub>1</sub>과 T<sub>2</sub>에서는 각각 아스팔트와 geomembrane의 방수층이 포함된 덮개와 차수층이 완전 열화되었을 경우를 가정하여 이를 제외한 덮개의 성능시험이 수행될 수 있도록 하였으며, T<sub>2</sub> 모델의 I<sub>s</sub>에서는 현장투수시험과 시료채취 등이 수행되고 T<sub>1</sub> 모델의 D<sub>s</sub>에서는 장기관측 후 덮개를 절개하여 각 층의 건전성을 확인하기 위한 시험

과 시료채취 등이 수행될 수 있도록 하였다. 한편, 시험고 사이에 시험고의 절반 크기인 다목적용 갤러리를 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.

배수시스템과 Wetting Test

처분덮개의 성능실증은 가능한 한 실제 운영상황과 유사한 조건하에서 수행되는 것이 바람직하므로 지표수의 유출과 중간 배수층에서의 배수가 가능하도록 하였다. 지표수의 유출은 덮개의 각 층이 중앙의 현장 실험실쪽으로 3.5% 정도 경사된 점을 고려하여 Fig. 3과 같이 중앙 실험실과 양측 시험고 사이에 각각 사각형의 개수로를 설치하여 배수되도록 하였으며 중력배수가 가능할 정도로 경사된 개수로의 끝부분에 V notch를 설치하여 일차적인 유량 측정도 가능하도록 하였다.

중간배수층에서는 Fig. 3과 같이 geopipe를 세 곳에 설치하여 배수가 원활히 이루어지도록 하였으며, 각 단위 시험고의 배수관과 전체 배수관에 각각 유량계를 설치하여 유량측정이 가능하도록 하였다. 또한, 매우 적은 양이기는 하지만 하부점토층에서의 누수량은 시험고 벽체 바닥을 따라 설치할 작은 개수로와 시험고 중앙에 설치할 배수공을 통해 각각 벽체를 따라 발생할 수 있는 누수와 정상 시



(a)

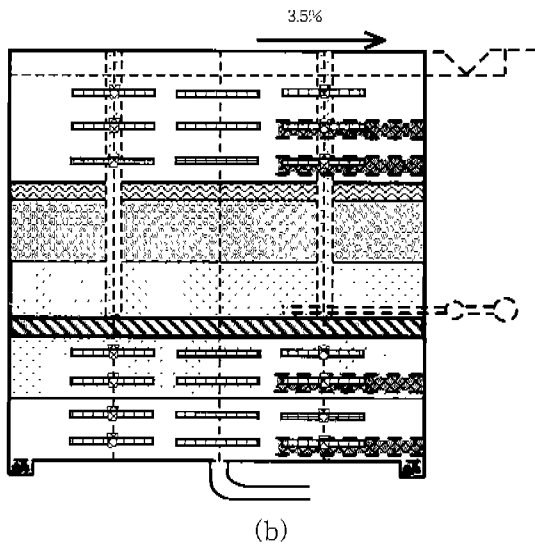


Fig. 3. Instrument location and drainage system for type 1 test cell (T1w)  
(a) in plan view (b) in cross section

협층 발생할 누수를 처리할 수 있도록 하였다. 원활한 배수를 돕기 위해 개수로에 잔자갈을 채운 후 이 개수로와 중앙배수공 상단에 geotextile을 덮어 막히지 않도록 하였으며 Fig. 6과 같이 각각의 배수 파이프에 유량계를 설치하여 1차적인 누수량 측정이 가능하도록 하였다.

한편, 우리나라에서는 우기에 강수의 절대량이 집중되므로 나머지 기간동안에는 폭우 등의 기상조건에서의 장기적이고 주기적인 시험이 곤란한 형편이다. 이러한 점을 보완하기 위하여 100년 빈도 설계강수조건을 인위적으로 발생시켜 주기적인 성능시험을 장기적으로 수행할 수 있도록 하기 위해 Fig. 4와 같은 살수 장치를 제작하여 시험기간 중에만 해당 시험고에 조립, 설치하여 사용할 수 있도록 설계하였다.

#### 수분(물)이동 계측시스템

처분덮개에 대한 장기관측을 수행할 경우 처분덮개는 우기를 제외하고는 대부분의 시험기간 중 비포화상태로 있게 된다. 비포화상태가 지속되는 시험기간 중에는 수리방벽으로서의 덮개 성능을 관측하기 위해서는 수분의 이동현상을 계측하여야 한

다.

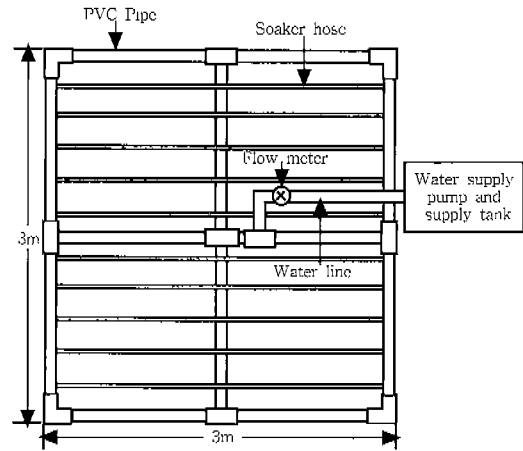


Fig. 4. Irrigation applicator for wetting test

토양 내에서의 수분이동특성을 규명하기 위해서는 함수비의 변화와 matric potential의 변화를 측정하여야 하나, 현재까지 상용화된 함수비와 matric potential의 측정기기는 많지 않은 편이다. 함수비를 측정할 수 있는 기기로는 TDR(Time Domain Reflectometry probe)과 중성자검침봉(Neutron probe)이 있는데 이중 중성자검침봉은 매설용이 아니며 정밀도도 떨어져 제외하였으며, 함수비는 온도변화에 의한 영향을 크게 받으므로 온도도 같이 측정하여야 하는 점을 고려하여 체적함수비와 온도를 동시에 측정할 수 있는 센서를 계측기기로 선정하였다. Matric potential의 측정기기로는 tensiometer, heat dissipation sensor 및 thermocouple psychrometer 등이 있는데 이 중에 tensiometer가 가장 정밀도가 높고 사용 실적이 많으며 측정 범위가 다른 기기보다 우리나라처럼 습한 기후조건에 잘 맞아 이를 선정하였다.

TDR과 tensiometer는 Fig. 3에서와 같이 각각 시험고 중앙부의 3개소와 대각선 방향의 2개소에 매설되도록 하였고 심도에 따라서는 각각 7개씩 매설되도록 하였다. 각 시험고별 TDR과 tensiometer의 매설 심도는 Table 4와 같으며, 각각의 TDR과 tensiometer의 측정결과는 Fig. 5와 같이 여러개의 multiplexer를 통해 data logger에 자동 기록되고 컴퓨터에 저장할 수 있도록 하였다.

Table 4. Location of test facility instruments

Instruments	Position (ea)	Depth(cm)	Test cell
TDR/Thermistor	3	30, 50, 90, 230, 260, 290, 320	$T_{1b}$ , $T_{1w}$ , $D_s$
"	"	30, 50, 90, 290, 320	$T_{2b}$ , $T_{2w}$ , $I_s$
Tensiometer	2	30, 50, 90, 230, 250, 290, 320	$T_{1b}$ , $T_{1w}$ , $D_s$
"	"	30, 50, 90, 290, 320	$T_{2b}$ , $T_{2w}$ , $I_s$
Tracer test access tube	2	50, 90, 290, 320	$T_{1c}$ , $T_{2c}$ , $I_s$

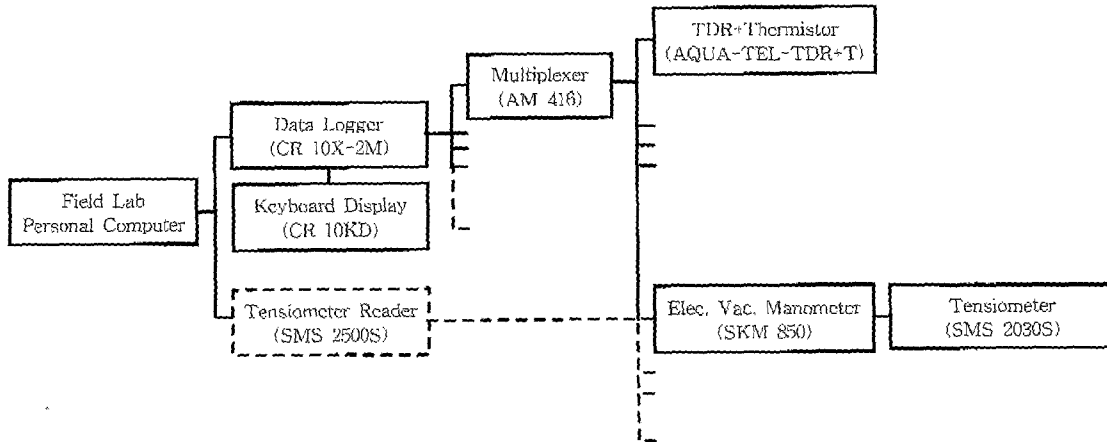


Fig. 5. Schematic diagram of measuring and data acquisition system

한편, wetting test용 시험고에서는 우기나 시험 기간 중에 처분덮개가 완전히 포화상태에 도달하였을 경우에는 차수층 상부 구간에 형성되는 수두의 변화를 측정할 필요가 있으므로 wetting test용 시험고에는 Fig. 3과 같이 대각선 방향의 두 곳에 piezometer를 설치하도록 하였다. 또한, 이러한 계측기기들을 이용한 측정 결과를 보완하기 위한 방안으로 추적자 시험을 수행하기 위하여 Fig. 3과 같이 추적자 검침을 위한 access tube를 해당 시험고의 중앙부분 두 곳에 수평으로 설치하도록 하였다.

이상과 같은 처분덮개의 각 층별 TDR과 tensiometer의 매설계획과 multiplexer, piezometer, 추적자 검침용 access tube 및 배수시스템의 설치 계획을 종합한 cutaway는 Fig. 6과 같다.

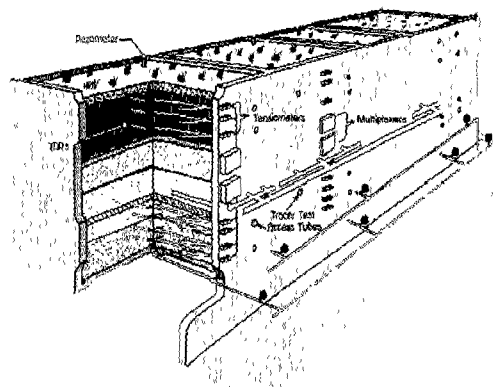


Fig. 6. Internal view of disposal cover with test cell cutaway



## 결 론

처분덮개의 주요 기능이 수리방벽으로서의 기능인 점을 고려하여 실증시험용 처분덮개 모델로 Fig. 1과 같이 다층구조로 된 두 가지 타입을 선정하였다. 타입 1은 아스팔트와 geomembrane의 차수층을 포함하는 정상적인 주 모델이고, 타입 2는 일정기간 경과 후의 두 차수층이 완전히 열화되어 기능을 상실한 최악의 경우를 가정한 것이다. 이 두 타입에서의 HELP 코드를 사용한 물수지분석 결과 타입 1은 물론 타입 2의 누수량도 외국의 적용기준 범위 이내로 나타나 성능이 입증된다면 안전성에는 별 영향이 없을 것으로 평가되었다.

전체적인 시험시설은 두 타입의 시험고를 각각 두 개씩 4개씩 배치하고 현장시험용 시험고와 장기 관측 후 시험고를 절개하여 각 층의 다짐상태의 변화나 차수층의 물성변화 등을 직접 확인하기 위한 시료채취용 시험고를 각각 하나씩 배치하여 총 6개의 시험고로 구성되도록 하였다. 각각 3×3×3.3m 크기인 이 6개의 시험고를 Fig. 2와 같이 현장실험실 좌우에 각각 3개씩 배치하여 정상강수조건과 설계강수조건에서의 성능시험이 구분, 수행될 수 있도록 설계하였다.

각 타입에서의 수분이동특성을 규명하기 위하여 Fig. 6과 같이 TDR과 thermistor 및 tensiometer를 사용하여 수분선단(moisture front)의 이동을 자동계측할 수 있도록 하였으며, 중간배수층과 하부 라이너층인 점토층에서의 배수량 및 지표유출량도 측정 가능하도록 설계하였다. 이러한 계측시스템을 이용한 장기관측 결과 두 타입 모두에서 그 성능이 입증된다면 타입 2가 공사비측면과 유지보수측면에서 경제적이므로 실제 처분덮개 설계시 좋은 대안이 될 수 있을 것으로 판단되며, 계측결과는 HELP 코드 등과 같은 수치모델의 검증에 활용되어 처분덮개의 수문학적 안전성평가에도 큰 도움이 될 것으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

장근무, 박주완, 윤정현, 최희주, 김창락, 2000, Water balance evaluation of final closure cover for near surface radioactive waster

disposal facility, 한국원자력학회지, 32(3), 274-282

최규섭, 황태원, 김현, 이찬구, 2000, 국내 중저준위 방사성폐기물 천층처분시설 개념설계, 한국원자력학회, 2000춘계학술발표회 논문집

한국수력원자력주식회사 원자력환경기술원, 2000, 중저준위 방사성폐기물 천층처분시설 개념설계 종합보고서, 255

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

IAEA, Division of Nuclear Fuel Cycle and Waste Technology, 2001, Planning and implementation of closures of near surface disposal facilities (draft), 93

INEL(Idaho National Engineering and Environmental Laboratory), 1996, RWMC (Radioactive Waste Management Complex) SDA(Subsurface Disposal Area) engineered-barrier test plan, 33 NUREG/CR-2478, Vol. 3, 1987, A study of trench covers to minimize infiltration at waste disposal sites, 122

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

### 이 찬 구

한수원(주) 원자력환경기술원 처분기술팀  
305-600 대전광역시 유성우체국 사서함 149  
Tel : 042) 870-0375, Fax : 042) 870-0354  
E-mail : cgrhee@khnp.co.kr

### 이 우 용

한수원(주) 원자력환경기술원 처분안전팀  
305-600 대전광역시 유성우체국 사서함 149  
Tel : 042) 870-0371, Fax : 042) 870-0354  
E-mail : eylee@khnp.co.kr

### 박 세 문

한수원(주) 원자력환경기술원 처분기술팀  
305-600 대전광역시 유성우체국 사서함 149

이찬구, 이은용, 박세문, 김광락, 염유선

Tel : 042) 870-0376, Fax : 042) 870-0354  
E-mail : smpark@khnp.co.kr

김 창 락  
한수원(주) 원자력환경기술원 처분연구그룹  
305-600 대전광역시 유성우체국 사서함 149  
Tel : 042) 870-0370, Fax : 042) 870-0354  
E-mail : clkim@khnp.co.kr

염 유 선  
한수원(주) 원자력환경기술원 처분안전팀  
305-600 대전광역시 유성우체국 사서함 149  
Tel : 042) 870-0374, Fax : 042) 870-0354  
E-mail : ysyecom@hanmail.net