

방사성폐기물 천층처분시설 덮개의 물수지 평가
**Water Balance Evaluation of Final Closure Cover for Near-Surface
Radioactive Wastes Disposal Facility**

장근무, 박주완, 윤정현, 최희주, 김창락
한전 원자력환경기술원
대전광역시 유성우체국 사서함 149호

요 약

중저준위 방사성폐기물 천층처분 시설의 처분덮개의 성능을 정량적으로 평가하기 위하여 4개의 설계 대안모델을 대상으로 물수지를 평가하였다. 물수지 모사에서는 평균 강우 조건, 2배의 평균 강우 조건 및 설계 폭우 조건의 3가지 강우시나리오를 적용하였으며 처분덮개를 구성하는 인공구조물이 견전성을 유지하는 100년 이내 기간과 보수적인 해석을 위해서 열화를 고려한 100~200년 기간에 대해서 해석을 수행하였다. 해석결과 처분안전성을 확보하기 위해서는 적절한 처분덮개의 설계가 중요함을 정량적으로 제시할 수 있었다. 그리고 100년 이내 기간에서는 처분고로 유입되는 강우량은 매우 미약하며 100년 이후의 인공방벽층의 열화를 고려한 모델에서 침투수량의 급격한 증가가 발생하였으나 외국의 사례에 비교할 때 처분안전성에 영향을 미칠 정도는 아닌 것으로 분석된다.

Abstract

Numerical simulations were conducted to evaluate water balance of four alternative cover models for near-surface radioactive waste at the humid site. Water flow through covers was simulated for three precipitation scenarios, i.e. ambient, two times ambient, and design storm conditions. It was assumed that the degradation of cover materials do not occur within 100 years and the hydraulic properties of artificial cover materials such as geomembrane and asphalt could be converted to the those of natural soils due to degradation from 100 to 200 years. The results show that the cover system is necessary to resist the infiltration of precipitation. The infiltration flux through covers was very small within 100 years, and increased greatly for 100-200 years. But it was concluded that this amount of infiltration flux do not affect the safety of waste disposal, comparing with that of existing foreign disposal sites.

1. 서론

중저준위 방사성폐기물 천층처분시설의 최종 처분덮개(final disposal cover)의 기능은 처분고(Disposal Vault)로의 물의 침투 및 폐기물로부터 대수층으로의 누출되는 방사성 핵종의 이동을 최소화하기 위한 것이다. 처분고 내부로의 물의 유입을 억제하기 위해서는 단일 불투수층에 비해서 인공 및 천연 토양을 효율적으로 배열하는 다층 불투수층이 유리하다[1,2]. 본 논문에서는 개념설계 단계에서 도출된 몇 가지 유형의 다층 처분덮개 모델의 성능을 정량적으로 비교, 평가하고 가장 성능이 우수한 모델에 대해서 강우조건, 처분덮개층 열화 및 수리 특성치의 변화에 따른 처분덮개의 성능을 평가하였다. 또한 상세 지하수 유동해석이나 선원항 평가시의 초기조건 설정을 위한 지하수 유입량 계산을 수행하였다. 해석에는 우리나라와 같이 연간 강수량이 비교적 많은 지역에서의 모델링에 적합한 HELP 코드[3]를 사용하였다.

2. 처분덮개 개념 모델

현재 국내 중·저준위 방사성폐기물 천층처분시설의 폐쇄시 사용될 처분덮개 개념모델은 그림 1과 같은 다층 복토개념이다. 덮개를 구성하는 토양층의 재질 및 기능을 가장 상부층으로부터 설명하면 다음과 같다.

(1) 제1층은 지표면층(topsoil)으로서 식물 및 폐식기에 대한 공급수 제공 역할, 표면 유출량(runoff)와 증발산량(evapotranspiration)을 증대시키는 기능 및 표면 침식방지, (2) 제2층은 원토와 자갈의 혼합층으로서 유입수를 중력배수층 하부로 유도하는 기능을 가지며, 표면 침식방지 역할 및 하부 모래층으로 작은 입자들의 유입을 방지하기 위한 여과층(filter layer) 기능, (3) 제3층은 자갈 또는 쇄석층으로서 다층 복토층에 도달한 물의 수두 조절을 위한 수직배수층의 역할 및 지표면층 식물의 뿌리나 동물 등의 하부 침입을 제한하기 위한 방호층(protection layer) 기능, (4) 제4층은 모래층으로서 유입된 물이 계획된 측면 배수로를 통하여 배수되도록 유도하는 측면 배수층의 기능과 하부 차수층에 걸리는 수두 상승 방지 기능, (5) 제5층은 아스팔트층으로서 중력방향의 물의 침입을 차단시키는 기능, (6) 제6층은 모래층으로서 제4층과 같은 측면 배수층의 기능, (7) 제7층은 고밀도 폴리에틸렌(HDPE)를 재료로 사용한 geomembrane층으로서 물의 침입을 차단하는 차수층의 역할, (8) 제8층은 20% 벤토나이트와 모래를 혼합한 수리적 방벽층(hydraulic barrier)으로서 처분고 내부로의 물의 유입을 억제시키는 역할을 수행한다.

3. 물수지 평가 모델링

가. HELP 코드 개요

HELP(Hydrologic Evaluation of Landfill Performance)는 준 2차원 수리해석 모델링 코드로서 방사성폐기물 천층처분시설의 최종덮개의 설계 및 성능평가 그리고 처분시설로의 침투수량(seepage rate) 예측과 지하수대로의 자연적 유입량(natural recharge) 계산에 적절한 코드이다. HELP 코드는 준 2차원 해석에 국한되므로 표면유출량과 지하측면배수량 추정은 제한적이며, 모세관 방벽(capillary barrier)의 해석에는 적용이 불가능하다. HELP에서 사용되는 해석법은 각 토양층에 저장한도(storage limit)를 설정하고 지표와 지하에 대한 물수지 평형을 고려하는 고정 추출수 한계 개념(concept of fixed water extraction limits)을 기초로 하고 있다. 표면유출량은 토양의 종류, 식생정도, 경사도 및 강수량의 함수로 주어지는 경험적 표면유출량 곡선(empirical runoff curves)으로부터 계산되며, 예상 증발산량(potential evapotranspiration)은 강수량, 일사량, 온도 및 상대습도로부터 계산된다. 예상 증발산량은 식생면적율(leaf area index)에 의해 예상 증발량(potential evaporation)과 발산량(potential transpiration)으로 구분되며, 발산량은 토양의 수리전도도와는 별도의 식생뿌리 깊이에 관련된 root sink function으로부터 계산된다. 측면 배수량은 방벽물질이 포화상태에 도달했을 때 Darcy 법칙으로부터 단위 수력구배(unit hydraulic gradient) 조건으로 가정 결정된다.

나. 처분 덮개 대안별 HELP 모델

처분덮개 대안 모델은 그림 2와 같이 4가지 대안을 고려하였다. 각 덮개에 대한 물수지 모델링에는 3 종류의 강우시나리오, 즉 (a) 평균 강우조건, (b) 2배의 평균 강우 조건 그리고 (c) 설계 폭우 조건이 적용되었다. 해석은 임의 처분부지의 평균 강우조건하에서 각각의 덮개모델에 대한 폐쇄후 100 년간의 물수지 성능 해석을 실시하여 그 결과를 정량적으로 비교 분석하였다. 그리고 이를 통해서 임의 부지에 가장적 합한 처분덮개를 선정하였다.

평균 강우조건은 임의 부지의 연 평균 기상자료에 근거하여 HELP의 기후자료 발생기(weather generator) 기능을 사용하여 폐쇄후 100년간의 일일 평균 강우량을 생성하였다. 그리고 가장 성능이 우수하게 판명된 처분 덮개 모델을 선정하여 폐쇄후 100년간 성능을 유지한다고 가정한 경우와 100년 이후 인공적인 재질로 구성된 토양층의 열화를 고려한

경우의 두가지 유형에 대해 각각 평균 강우조건과 2배의 평균 강우 조건하에서의 덮개의 성능을 평가하였다. 2배의 평균 강우조건은 발생가능한 기후변화 효과를 평가하기 위하여 일일 강우량을 2배로 한 입력조건이다. 또한 선정된 처분 덮개의 수명기간중 발생할 수 있는 최대 표면 유출량(maximum runoff)을 결정하기 위하여 설계 폭우조건(design storm condition)에 대한 해석도 수행하였다. 설계 폭우 조건은 임의부지에서의 최대 일일 강우량을 기후발생기를 통해 생성된 최대 일일 강우량의 다음 날에 적용하였다.

다. 평가 입력자료

HELP의 주요 입력자료는 토양의 수리특성 자료, 덮개의 설계자료 및 기상자료의 3가지 입력자료 형태가 요구된다. 덮개를 구성하는 각 토양층의 공극률(porosity), field capacity, wilting point, 수리전도도(hydraulic conductivity) 입력자료는 표 1과 같다[1]. Field capacity와 wilting point는 각각 suction head가 0.3 bar와 15 bar일 때의 체적함수량으로서 Van Genuchten 관계식[2]을 사용하여 구하였다.

방벽층으로 사용된 벤토나이트/모래 혼합재에 대한 field capacity와 wilting point는 다음과 같은 점토와 모래의 성분비에 따른 경험식[2] 을 사용하여 구하였다.

$$Field\ Capacity = 0.1535 - (0.0018)(\% Sand) + (0.0039)(\% Clay) + \frac{1}{(0.1943)(Total\ Porosity)} \quad (1)$$

$$Wilting\ Point = 0.0370 - (0.0004)(\% Sand) + (0.0044)(\% Clay) + \frac{1}{(0.0482)(Total\ Porosity)} \quad (2)$$

덮개 설계자료로서 덮개를 구성하는 각 토양층의 두께, 경사도는 그림 2에서와 같으며, 기상 자료로서 요구되는 강수량, 일사량, 온도 및 증발산량 파라미터 등 과거 측정자료로는 표 2와 같은 임의부지에서의 값을 사용하였다.

4 평가결과 분석

가. 처분 덮개 대안별 물수지 평가

이미 언급된 4 개의 처분덮개 대안 모델과 덮개가 설치 되지 않은 자연부지의 원토 모델에 대한 해석결과는 표 3과 같다. 이 결과는 처분장 운영 초기 100년간을 모델화하는 것으로서 표 2의 정상조건외 기상데이터를 입력치로 사용하였으며 모든 층은 각각의 성능을 유지하는 것으로 가정하였다.

4개의 처분덮개 모델에 대해서 동일한 기상데이터와 식생조건을 사용하였으므로 강우

량과 표면유출량 그리고 증발산량은 동일하다. 측면배수층을 통한 유량은 각 모델마다 배수층의 위치 및 겹수, 그리고 배수층 하부 재료의 수리특성에 따라서 다소 차이를 보여준다. 맨 하위층에 수리전도도가 낮은 수리방벽층이 설치되어 있는 B1과 B2 모델은 하부의 보다 높은 수리전도도 층을 가지는 A1, A2 모델에 비해서 처분고로의 침투수량이 매우 미량임을 보여준다. 현재 천층처분 시설 개념설계 단계에서 가장 유력한 처분덮개 모델로 고려되는 B1 모델의 경우, 처분고로의 침투수량은 전체 강우량의 0.0017%인 0.02 mm/년 으로서 거의 불투수성에 가깝다고 할 수 있다. 그림 3에서와 같이 강우량의 상당 부분은 증발산량으로 흡수되며, 다음으로 측면배수층, 그리고 표면유출량 순이며 처분고로의 침투수량은 매우 작은 양이다. 이와는 달리 모래층으로 가정한 자연조건의 부지에 대한 침투수량은 전체 강우량의 약 30% 범위로써 4가지 유형의 각각의 처분덮개 모델에서의 침투수량에 비해 매우 큰 값을 보이고 있다. 그러므로 처분안전성의 향상을 위해서는 적절한 처분덮개의 설치가 반드시 필요함을 정량적으로 알 수 있다.

나. 보수적 조건하에서의 처분 덮개 성능평가

4개의 대안모델에서 가장 우수한 성능을 보인 B1 모델에 대해서 운영 후 100년 이내, 100~200년의 각각의 범위에서 (1) 평균강우 조건, (2) 2배의 평균강우 조건 (3) 설계폭우조건에 대한 해석을 수행하였다. 이 해석은 보수적인 조건하에서의 처분덮개의 성능평가를 위한 것으로서 100~200년 해석모델에서는 Geomembrane과 아스팔트와 같은 인공 차수층은 열화(degradation)가 발생한다고 가정하여 모래의 수리 특성과 동일한 값을 적용하였으며 최하위층인 벤토나이트와 모래 혼합층은 수리특성에 변화가 없는 것으로 가정하였다. 일일최대 강우량은 174 mm이며 설계폭우량은 가상부지 인근에 위치한 영광 원자력발전소의 설계강우량인 3947 mm/day을 입력치로 하였다.

표 4는 상기 조건에서의 해석결과를 보여준다. 2배의 평균강우량을 입력치로 하는 해석결과, 정상 강우 조건과 비교하여 강우의 지반유입 한계로 인하여 표면유출량, 측면배수량 및 처분고로의 침투수량이 크게 증가하였다. 그러나 이 조건하에서의 처분고로의 침투율은 현재 운영중인 외국의 처분장에서와 비교할 때 매우 작은 것으로 해석되었다.

100~200년 기간에 대한 해석모델에서는 아스팔트 및 Geomembrane의 기능이 방벽층에서 배수층으로 전환된다. 이러한 2개의 방벽층의 열화에 따라서 벤토나이트와 모래 혼

합층을 통한 누수량은 1000배 이상의 급격한 증가가 발생하였다. 설계폭우량을 고려한 해석은 정상강우 조건에 비해서 표면유출량의 미소한 증가가 발생하며 다른 변수에는 큰 차이를 보이지 않았다. 그리고 2 배의 강우조건에 대한 해석결과는 표면유출량 및 하부의 측면배수층을 통한 유량의 증가가 발생하며 방벽층을 통한 침투수량은 큰 변화가 없음을 알 수 있다. 프랑스 로브 처분장에서 처분덮개의 허용누수량이 비정상조건하에서 32 mm/년 임을 감안하면 본 논문에서 제시된 처분덮개 개념모델은 인공방벽층의 열화를 고려한 누수량이 약 35 mm/년 이므로 이 범위의 누수량은 전체적인 처분안전성에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 예상된다.

벤토나이트의 수리전도도는 문헌에 의하면 1×10^{-7} cm/sec도 상당히 보수적인 값으로 볼 수 있으나 본 논문에서는 수리전도도에 따른 민감도 분석과 선원항 해석의 보수적인 입력치를 제공하기 위하여 수행되었다. 해석은 수리전도도를 10배 증가시켰으며 100년 이내 범위에서 B1 모델에 대한 해석과 100~200년 범위에서 B1 모델의 열화모델에 대한 해석을 수행하였다. 그림 4는 BB200-D모델의 물수지 결과를 도시한 것이다. 그림 3과 비교하여 증발산량의 비율은 감소하며 대신에 침투수량과 더불어 측면배수량이 증가함을 알 수 있다. 표 5의 해석결과로부터 100년 이내에서는 침투수량은 외국의 처분시설의 처분덮개의 기준치와 비교한다면 처분덮개의 성능에서의 문제점은 없을 것으로 판단된다. 그러나 인공방벽층의 열화를 고려한 100년 이후에는 수리전도도의 10배 증가에 따라 처분고 침투수량은 약 330 mm/년 으로, 자연조건에서의 침투수량이 약 340 mm/년 임을 고려할 때, 방벽층의 수리전도도 10배 증가로 인한 침투수량은 매우 크다고 할 수 있다. 따라서 이러한 모델로 처분덮개를 건설한다고 가정한다면 최하부 방벽층인 벤토나이트 모래의 수리전도도가 EPA 권고 기준인 최소 1×10^{-7} cm/sec를 유지하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

5. 결 론

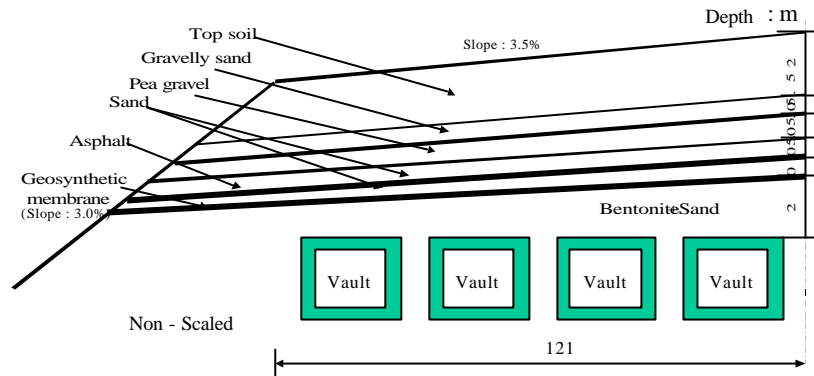
- 1) 자연조건외 부지에 대한 침투수량은 전체 강우량의 약 30 % 범위로써 4가지 대안모델의 처분고의 침투수량에 비해 매우 큰 값을 보이고 있다. 그러므로 처분안전성의 높이기 위해서는 적절한 처분덮개의 설계가 매우 중요함을 정량적으로 판단할 수 있다.
- 2) 처분덮개 대안모델에 대한 해석결과, 2층의 차수층을 설치하고 처분고 슬라브 상부에 벤토나이트와 모래를 혼합하여 수리적 방벽층을 설치한 B1 유형이 처분고로의 침투

수량을 억제하는 측면에서 가장 유리한 것으로 분석된다. 처분고로의 침투수량은 인공 차수층이 건전성을 유지한다고 가정되는 100년 이내에서는 0.02 mm/년 에 불과하여 거의 불투수성에 가깝다고 할 수 있다.

- 3) 폐쇄 후 100년 이내 범위에서 정상 강우량의 2배 조건과 설계폭우조건 하에서의 B1 모델의 침투수량은 정상조건에 비해서 다소 증가하였으나 현재 운영중인 외국의 처분장에서와 설계 침투수량과 비교할 때 매우 작은 것으로 해석되었다.
- 4) 인공차수층의 열화를 고려한 100~200년 기간의 해석에서는 최하위 방벽층인 벤토나이트와 모래 혼합층을 통한 누수량은 1000배 이상의 급격한 증가가 발생하였으며 2배의 강우조건에 대한 해석결과는 표면유출량 및 하부의 측면배수층을 통한 유량의 증가가 발생하며 방벽층을 통한 침투수량은 정상 강우조건과 비교하여 큰 변화를 보이지는 않았다. 이 조건하에서 인공방벽층의 열화를 고려한 누수량이 약 35 mm/년 이하이므로 침투수량은 외국기준과 비교할 때 전체적인 처분안전성에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 예측된다.
- 5) 인공차수층의 열화조건하에서 최하부 방벽층의 수리전도도를 10배 증가로 인한 침투수량은 자연부지 조건의 침투수량에 접근하는 값을 보였다. 따라서 B1 모델로 처분덩개를 건설한다고 가정한다면 최하부 방벽층인 벤토나이트 모래의 수리전도도가 EPA 권고 기준인 최소 1×10^{-7} cm/sec 를 유지하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

6. 참고 문헌

- 1) P. R. Schroeder, Aziz N. M., Lloyd C. M., and Zappi P. A., "The Hydrologic Evaluation of Landfill Performance (HELP) Model : User's Guide for Version 3", EPA/600/R-94/168a, U.S. Environmental Protection Agency Office of Research and Development, Washington, DC. (1994)
- 2) P. D. Meyer et al., "Hydrologic Evaluation Methodology for Estimating Water Movement Through the Unsaturated Zone at Commercial Low-Level Radioactive Waste Disposal Sites", NUREG/CR-6346 (1996)
- 3) J.D. Smyth, et al., "Development of an Infiltration Evaluation Methodology for Low-Level Waste Shallow land Burial Sites.", NUREG/CR-552, 199-



Cover system (400,000 drums)

* option 1 : includes asphalt/sand layer
 option 2 : does not include asphalt/sand layer

그림 1. 임의 천층처분시설의 덮개 개념

표 1. 각 토양층의 수리자료

layer	Parameter	Porosity (cm^3/cm^3)	Field Capacity (cm^3/cm^3)	Wilting Point (cm^3/cm^3)	Hydraulic Conductivity (cm/s)
Top soil (Silty sand)		0.47	0.1894	0.1123	1.0×10^{-4}
Gravelly sand		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	1.0×10^{-7}
Bentonite(20%)/Sand mixture		0.26	0.138	0.1055	1.0×10^{-7}
Geosynthetic membrane		2^a	2^b	$1.0 \times 10^{-4}^c$	1.0×10^{-11}

* a. Pinhole density (#/ha) b. Installation defect (#/ha) c. Geotextile transmissivity (cm^2/s)

표 2. 임의부지의 일반 기상 자료

Month	Average Temperature(°C)	Average Humidity(%)	Monthly Precipitation(mm)	Maximum 24hrs Precipitation(mm)	Maximum Snows in 24hrs(cm)	Maximum Wind Speed(m/sec)	Average Wind Speed(m/sec)
1	0.2	69.9	46.0	33.3	19.6	18.1	4.4
2	1.4	77.4	41.8	24.8	27.5	18.1	4.3
3	5.5	71.0	48.7	32.6	4.8	16.7	3.9
4	12.1	70.6	71.4	65.4	-	18.9	3.8
5	16.6	73.8	82.7	95.2	-	18.6	4.2
6	22.8	79.8	121.9	126.1	-	18.3	3.1
7	26.8	84.7	253.6	139.8	-	14.7	3.7
8	25.6	80.2	184.1	110.9	-	19.5	3.5
9	23.4	76.2	138.9	76.0	-	19.5	3.3
10	15.9	70.9	57.5	69.4	-	20.0	3.6
11	9.4	68.3	55.9	43.7	4.5	19.5	4.3
12	3.3	69.8	47.4	33.6	30.4	19.7	4.3
Annual	13.6	74.4	1149.9	139.8	30.4	20.0	3.8

표 3. 처분덜개 모델에 따른 연평균 물수지 평가 결과

Model Type	Precipitation (mm/yr)	Runoff (mm/yr)	Evapotranspiration (mm/yr)	Lateral Drainage (mm/yr)	Percolation or leakage (mm/yr)	Remarks
N1	1143.11 (100 %)	8.40 (0.73 %)	787.93 (68.93 %)	-	340.39 (29.78 %)	자연부지 조건
A1	1143.11 (100 %)	19.10 (1.67 %)	788.23 (68.96 %)	332.36 (29.07 %)	264 (0.23 %)	
A2	1143.11 (100 %)	19.10 (1.67 %)	788.23 (68.96 %)	319.22 (27.93 %)	14.92 (1.31 %)	
B1	1143.11 (100 %)	19.10 (1.67 %)	788.23 (68.96%)	334.98 (29.30%)	0.020 (0.0017%)	
B2	1143.11 (100 %)	19.10 (1.67 %)	788.23 (68.96 %)	334.21 (29.24 %)	0.098 (0.0085 %)	

표 4. Type B1 모델에 대한 연평균 물수지 평가 결과

Model	Precipitation(mm)	Runoff (mm)	Evapo-transpiration (mm)	Lateral Drainage (mm)	Percolation or leakage (mm)	Remarks
B1-N	1147.05	19.10 (1.67 %)	788.23 (68.96%)	334.98 (29.30%)	0.020 (0.0017%)	정상강우조건
B1-M	1147.05	22,895 (2.0 %)	788.12 (68.71 %)	335.24 (29.23 %)	0.020 (0.0017 %)	설계폭우조건
B1-D	2286.34	234.38 (10.25%)	873.14 (38.19 %)	1178.22 (51.53 %)	0.0315 (0.0030%)	2배의 정상강우조건
B200-N	1143.11	19.10 (1.67 %)	788.23 (68.96 %)	301.57 (26.38 %)	32.42 (2.84 %)	정상강우조건, 인공차수층의 열화고려
B200-M	1143.11	22,895 (2.0 %)	788.12 (68.71 %)	301.83 (26.31 %)	32.42 (2.84 %)	설계폭우조건, 인공차수층의 열화고려
B200-D	2286.34	234.38 (10.25 %)	873.14 (38.19 %)	1142.0 (49.95 %)	34.83 (1.52 %)	2배의 정상강우조건, 인공차수층의 열화고려

표 5. 벤토나이트-모래 혼합층의 수리전도도 증가에 따른 연도, 강우량 조건별 물수지 해석결과(연간 평균치)

모델	Precipitation (mm)	Runoff (mm)	Evapotran-spiration (mm)	Lateral Drainage (mm)	Percolation or leakage (mm)	Remarks
BB1-N	1143.11 (100 %)	19.10 (1.67 %)	788.23 (68.96 %)	334.91 (29.29 %)	0.095 (0.0083%)	0-100 년, 정상강우조건
BB1-D	2286.43 (100 %)	234.38 (10.25%)	873.14 (38.19 %)	1178.09 (51.54 %)	0.159 (0.0070%)	0-100 년, 정상강우 조건외 2배
BB200-N	1143.11 (100 %)	19.10 (1.67 %)	788.23 (68.96%)	125.06 (10.94%)	208.99 (18.28%)	100-200 년, 정상강우조건
BB200-D	2286.34 (100 %)	234.38 (10.25%)	873.14 (38.19 %)	846.18 (37.01%)	330.65 (14.46%)	100-200 년, 정상강우 조건외 2배.

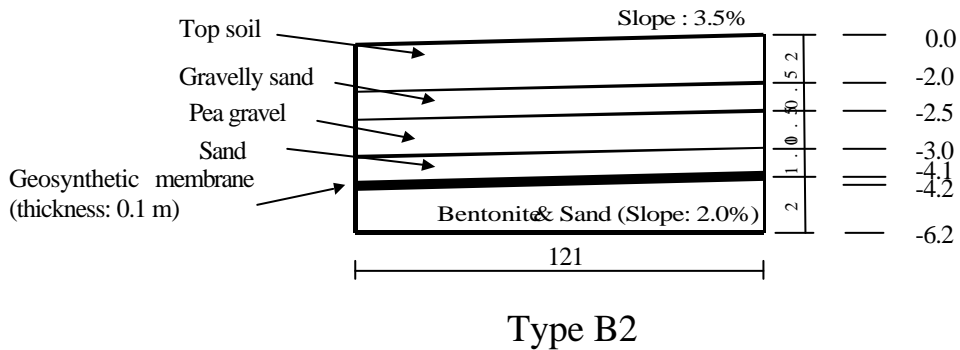
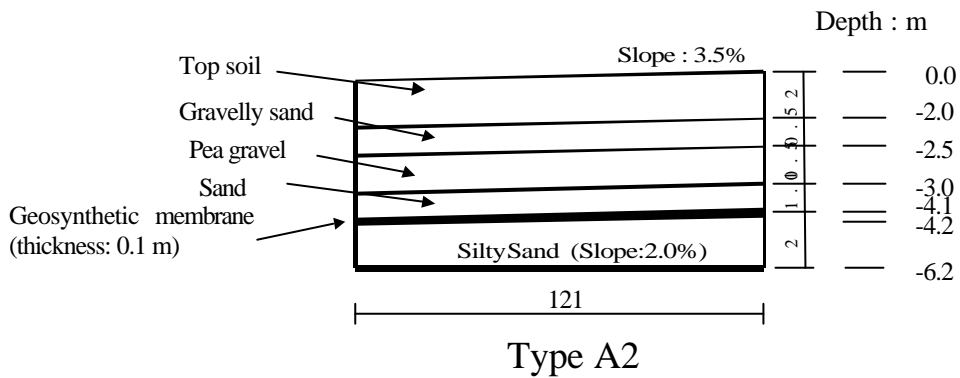
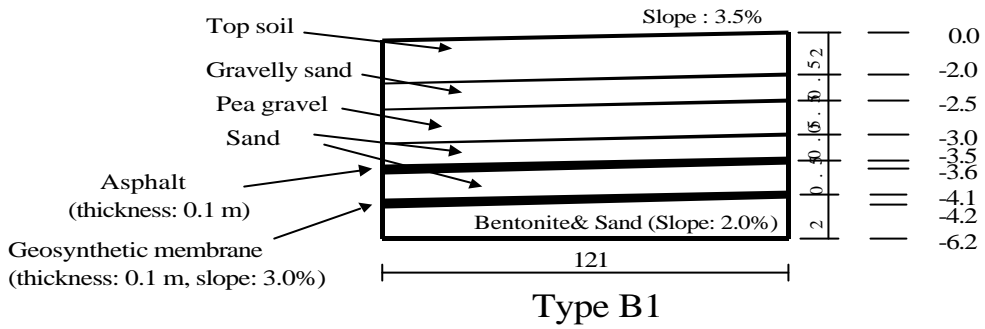
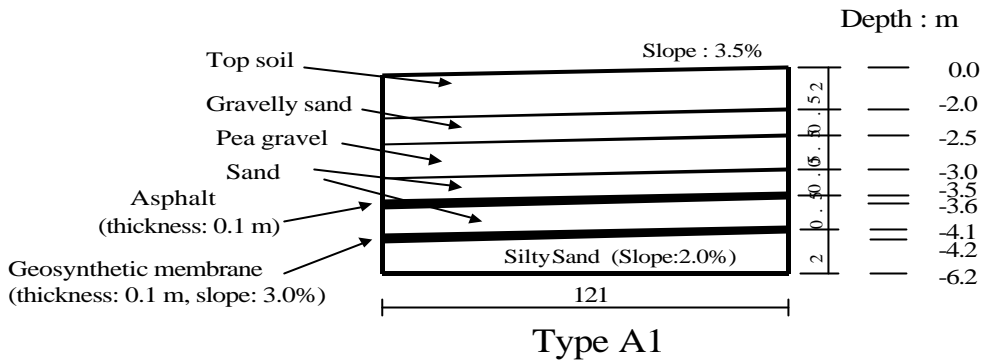


그림 2 처분 덮개 대안별 HELP 모델

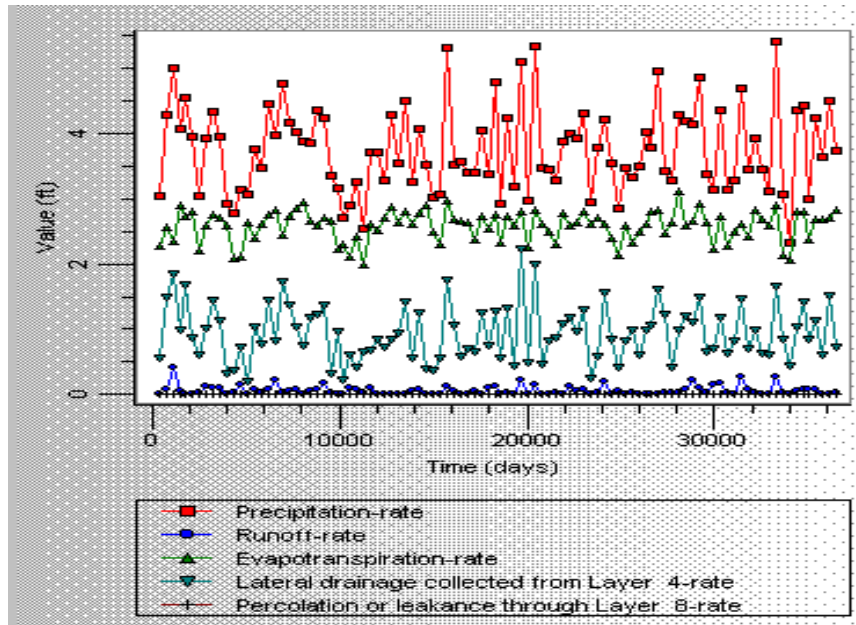


그림 3. B1 모델에 대한 100년 동안의 일별 강우량, 표면유출량, 증발산량, 측면배수량 및 침투수량

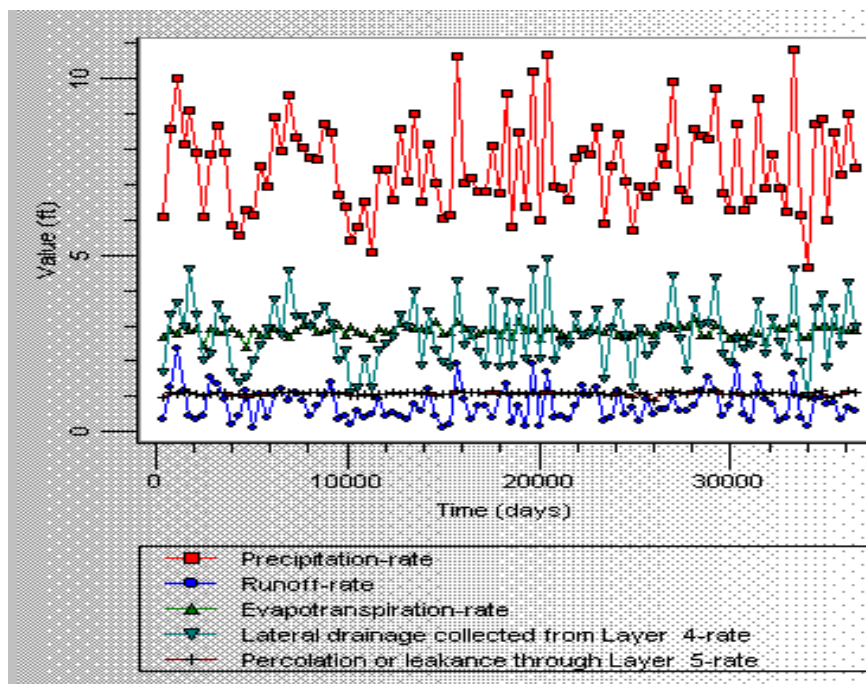


그림 4. BB200-D 모델에 대한 100년 동안의 일별 강우량, 표면유출량, 증발산량, 측면배수량 및 침투수량