

Basic Design of the Underground Research Tunnel for HLW disposal Research

고준위폐기물 처분연구를 위한 지하연구시설에 대한 기본설계

Sangki Kwon, Jeung-Hwa Park, Won-Jin Cho, Phil-Su Han
Korea Atomic Energy Research Institute, 150 Duck-Jin Dong, Yuseung-Ku, Daejeon

권상기, 박정화, 조원진, 한필수
한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

Abstract

In order to develop a safe geological disposal concept for the HLW from the nuclear power plants in Korea, it is necessary to evaluate the safety of the disposal concept in an underground research tunnel in the same geological formation as the host rock mass. The design concept of a research tunnel depends on the actual disposal concept, repository geometry, experiments to be carried at the tunnel, and geological conditions. In this study, geological investigation had been carried out to develop the basic design of the small scale underground disposal research tunnel in KAERI.

Key Word : HLW disposal, URT, site investigation, basic design, granite

요약

국내 원자력 발전소에서 발생하는 고준위 폐기물의 안전한 지층처분 개념 개발을 위해서는 대 상 암반에 지하연구시설을 건설하고 처분개념의 안전성을 평가하는 것이 필요하다. 지하연구용 터널의 개념은 처분개념, 처분장에서 지하구조물의 형상, 수행될 실험과 지질조건에 영향을 받게 된다. 본 연구는 원자력연구소 내에 소규모 처분연구용 지하시설을 건설하기 위해 지질조사가 실시되었으며 이를 통해 부지에 적합한 시설의 기본설계가 실시되었다.

중심단어 : 고준위폐기물처분, 지하처분연구시설, 부지조사, 기본설계, 화강암

1. 서론

고준위방사성폐기물의 영구처분을 위한 심지층처분 개념의 도출을 위해 한국원자력연구소에서는 1997년부터 중장기 과제를 수행하고 있다. 심지층에 처분장을 건설하고 안전하게 운영하기 위해서는 지하 심부의 암반에 대한 물리적, 화학적, 역학적, 열적, 수리적 물성과 이들과 핵종이동

의 관계, 처분환경에서의 공학적 방벽 및 암반의 거동이 처분장 안정성 및 안전성에 미치는 영향 등을 파악해야 한다. 지하 암반의 거동과 암반에서의 핵종 이동, 지하수의 유동에 대한 연구를 위해서는 지하연구시설의 건설이 필수적이며 이 때문에 방사성폐기물 처분을 고려하는 세계 각국에서는 다양한 규모의 지하연구시설(Underground Research Lab., URL)을 건설하고 지층처분 관련 각종 시험을 실시하고 있다. 지하연구시설의 건설을 위해서는 지하구조물의 굴착, 건설, 유지와 관련된 간접시설에 대한 막대한 투자가 필요하다. 이 때문에 NEA 가입국가 대부분은 지하연구시설을 기존의 광산이나 터널을 연장, 확장하는 개념으로 건설하고 있다. 기존의 지하구조물을 이용할 경우 초기 굴착 및 간접 시설의 이용 측면에서 유리하며 인허가 측면에서도 신규 부지를 개발하는 것보다 용이하다. 기존의 지하구조물을 이용하지 않고 새로운 부지독립형 지하연구시설을 처분장 모암과 동일한 종류의 암반에 설치할 수도 있다. 이 경우 굴착, 건설에 따른 모든 비용의 지출이 추가적으로 필요하게 되지만 건설전 상태의 자료를 얻을 수 있다는 장점이 있다. 실험실 연구단계에서 최종 처분 부지에 지하연구시설을 건설하는 단계까지는 각국의 현실에 적합한 접근법이 선택되고 있다. 지하처분연구시설이 심부 지하환경과 유사한 지하 조건을 구현할 수 있도록 하기 위해서는 지하 수백 미터의 깊이에 있는 신선한 암반층에 시설을 건설하는 것이 이상적이지만, 이를 위해서는 막대한 건설 및 운영 비용이 소요되며 또한 적합한 부지를 확보하는데 어려움이 따른다. 따라서 대규모 지하처분연구시설을 추진하는데 따르는 부지선정 및 비용 문제를 피하기 위해 소규모의 지하연구시설을 건설하여 경험과 기술을 축적한 후 처분 부지 지하연구시설을 추진하는 것이 바람직할 것이다. 또한 당면한 처분시스템 개발 및 처분 안전성 평가 관련 연구들을 수행하기 위한 현실적인 관점에서 원자력연구소내에 소규모 지하연구시설을 건설하는 방안을 마련하였으며 기존의 자료조사, 발파영향에 대한 예비 평가 및 3차원 구조안정성 해석을 통해 원자력연구소내 예상 부지에서의 적합한 시설 개념을 도출하였다(권상기 등, 2003). 본 연구에서는 도출된 지하처분연구시설 개념에 따라 시설이 갖추어야 할 설계요건을 도출하였으며 시설의 기본설계를 위한 예비 부지에서의 지질조사를 수행하였다.

2. 지하처분연구시설의 최소 요건

지하처분연구시설의 최소요건을 도출하기 위해서는 처분시스템과 연구터널에서의 수행될 연구 내용, 수리화학적 조건 및 부지의 지질학적 조건 등이 고려되어야 한다.

2.1 기준처분시스템

현재까지 도출된 고준위폐기물 처분 기준 개념에 따르면 지하 처분장은 지하 수백 m에 위치하는 결정질 암반에 위치하며 경사터널 또는 수직터널을 통해 지상시설과 연결된다(권상기,2002). 처분 터널을 포함한 각종 터널은 조절 발파기법을 통해 굴착되며 처분장의 안전성 확보를 위해 처분용기, 완충재, 뒷채움재로 구성되는 인공방벽과 암반과 토층으로 구성되는 자연방벽의 다중방벽(multi-barrier) 처분개념이 적용된다. 적합한 조건을 갖춘 암반에 건설되는 처분연구용 지하시설의 확보는 이러한 처분개념의 타당성, 안전성, 안정성, 적합성에 대한 실험적 검증을 위해 반드시 필요하다.

2.2 처분연구 내용

처분연구용 지하시설의 건설은 방사성폐기물처분 연구개발을 위한 핵심 인프라 구축을 의미하며 지하시설을 통해 암석역학적 거동, 응력 및 불연속면 영향, 손상대 (EDZ) 발생연구, 불연속면을 통한 유체의 이동, 암반에서의 heater test, 공학적방벽의 열-수리-역학적(THM)거동, 완충재-암반 계면에서의 콜로이드 생성 및 이동, 지하 환원 환경에서 이온이동, 처분 시스템에서의 운반,거치,회수와 같은 처분 공정의 실증이 이루어질 수 있을 것이다. Table 1은 지하연구 시설

에서 2007년 이후 주로 수행하게 될 연구 항목들을 보여준다.

Table 1. Research items to be carried out at URT

R&D items
Rock Mechanics <ul style="list-style-type: none"> - Rock Mass Classification - Rock Stress and Deformation Measurement and Analysis - Properties and Mechanical Effects of Rock Discontinuity and Fracture Zone - Effects of Stress Change on the Hydraulic Properties of Rock Discontinuity - Blasting Techniques and Blasting Effect on Adjacent Tunnels and EDZ - Evaluation of Tunnel Stability and Rock Support Design - Thermal Property of Rock (Heater Test) - Influence of Earthquake on Underground Facility
Geology <ul style="list-style-type: none"> - Prediction of Rock Boundaries - Distribution Rock Discontinuity and Fracture Zone - Groundwater network and Flow Characteristics in Rock Discontinuity - Flow Test through Fracture System - Prediction Technique of Flow Rate into Tunnel
Engineered Barrier System <ul style="list-style-type: none"> - Thermal-Hydro-Mechanical (THM) Behavior of EBS - Gas Migration in Engineered Barrier System - Contaminant Diffusion and Chemical Buffering of Buffer - Colloid Generation and Migration at the Interface between Buffer and Rock
Fluid Migration <ul style="list-style-type: none"> - Contaminant Migration in Rock Mass - Gas Migration in Shear Zone - Contaminant Diffusion in Rock Matrix - Colloid Migration and Retardation in Geosphere
System Design <ul style="list-style-type: none"> - Tunnel Sealing Technology - Verification of Deposition Hole Drilling - Concrete Plug Design and its Application - Verification of Transportation, Emplacement, and Retrieval Operation

2.3 암반 조건

기준처분개념에 따르면 고준위폐기물 처분장은 결정질 암반에 위치하게 된다. 처분장을 지하 수백미터 아래 암반에 위치하게 함으로써 핵종이동 시간을 늘림으로써 장기 안전성을 확보할 수 있도록 한다. 원자력연구소 방사성폐기물 처분팀에서는 그동안 처분모양으로 고려되는 여러 종류의 암석중에서 국내에서 분포면적이 넓은 결정질 화강암을 위주로 연구를 수행해 오고 있다. 따라서 한국형처분개념 도출을 위한 처분개념의 실증 및 안전성 평가를 위해서는 결정질 화강암반에 지하연구시설을 건설하고 기존의 실험실 및 현장 시추공을 통해 얻어진 연구결과를 검증하는 것이 필요하다.

2.4 지구화학적 조건

고준위폐기물 처분장의 경우 지하수에서의 actinide의 화학적 물성, 처분용기의 부식과 산화우라늄의 용해 측면에서 환원환경의 확보가 중요하다. 스웨덴에서 수행된 연구결과에 따르면 30-40개 시추공 중에서 100m 이상의 심도에서 산소가 측정된 시추공은 1개였으며 이를 통해 심도 100m 이상의 지하수는 환원상태에 놓이는 것으로 보고 있다(SKB,1993). 따라서 처분지하연구터널의 심도가 100m 이상이 되도록 설계하는 것이 바람직할 것이다.

이와 같은 검토를 통해 지하처분연구시설의 최소 요구사항을 다음과 같이 도출하였다.

- 연구모듈은 고준위 처분장 모양으로 고려되는 결정질암에 위치하여야 한다.
- 처분관련 연구가 주로 수행될 연구모듈은 100m 두께 이상의 지반에 의해 격리한다.

- 연구모듈은 와이어메쉬나 록볼트와 같은 최소한의 지보로 장기간 유지가 가능한 양호한 암반에 설치되어야 한다.
- 진입터널에서의 암반 거동 및 지하수 유동 연구가 가능하여야 한다.
- 처분개념실증, 안전성평가와 관련된 연구 및 완충재의 THM 시험 등이 가능하여야 한다.

3. 설계요구서 주요 내용

최소한의 진입터널의 길이로 적정 심도를 확보할 수 있는 방안의 강구가 필요하며 이와 함께 연구시설이 연구소 부지내에 위치하도록 함으로써 민원발생이 없도록 해야 하며 또한 토지의 형질 변경과 그린벨트 훼손 허가와 관련된 업무의 원활한 진행을 위해 지하처분연구시설이 국가공업단지개발 계획선 내에 위치하도록 지하처분연구시설의 배치와 선형을 결정해야 한다. 이러한 전제조건과 시설의 요건을 동시에 만족시키면서 효과적으로 심도를 확보하기 위해 고도가 높고 경사가 급한 원자력연구소 부지 경계부에 위치하는 산지에 진입터널을 건설하는 방안이 제안되었으며 이를 위한 설계요구서가 다음과 같이 작성되었다.

3. 진입터널 (Access tunnel)

예상 부지에서 산 정상부 아래에 연구모듈이 위치할 수 있도록 진입터널의 길이를 약 200m로 건설한다. 터널의 크기는 깨끗한 터널벽면을 얻을 수 있도록 하면서도 암반의 손상을 최소화하기 위해 기계식 굴착이 가능한 최소 크기인 6m×6m로 설정하며 발파기법으로 건설한다. 굴착단면의 경우 단면이 작고 시공성이 양호하며 여굴량이 적어 경제적인 말발굽형 단면을 가지도록 한다. 터널의 진행에 따라 심도를 확보할 수 있도록 하향 5 ~ 10%의 경사를 가지며 터널의 경사는 지반의 상태 및 작업성, 및 지형 등을 고려하여 확정하도록 한다. 터널 입구부근은 라이닝 등으로 충분히 보강하고, 터널 안쪽 부분은 안전에 지장이 없는 범위에서 가급적 rock bolt 등으로 지보를 최소화하여, 터널 벽면과 바닥의 암반이 노출될 수 있도록 한다. 터널은 가급적 직선으로 하되, 지질 상태를 고려하여, 일부 구간에서 약간의 곡선 구간을 허용하며 원활한 장비 및 작업원 진출입을 위해 바닥 콘크리트를 타설한다.

3. 연구모듈 (Research module)

길이 약 25m의 연구모듈을 진입터널 양쪽에 2개소 설치한다. 원활한 작업을 위해 터널의 크기와 모양은 진입터널의 크기와 동일하게 6m (H) x 6m (W) 말발굽형 단면으로 한다. 터널 경사의 경우 상향 1 ~ 3%를 둠으로써 자연배수가 가능하도록 설계한다. 처분연구가 주로 수행되는 터널이기 때문에 안전에 지장이 없는 범위에서 가급적 록볼트 등으로 지보를 최소화하여 터널 벽면과 바닥의 암반이 노출될 수 있도록 한다. 연구모듈은 원칙적으로 진입터널 끝 부분에 좌우 양쪽에 하나씩 배치하되, 산 정상 바로 밑 부분에 위치하도록 하여 모듈의 지하 심도가 최대가 되도록 하여야 한다. 연구모듈 중 1개소에는 바닥에는 처분공 모사를 위한 직경 약 2m, 깊이 3m의 원통형 공동을 굴착한다. 이때 공동 주변 암반 및 지보재의 손상이 최소화될 수 있는 방법으로 굴착한다. 각 연구모듈 벽에는 계측장비를 설치할 수 있는 공동을 굴착한다.

3.3 갱구부 및 터널 분기부

갱구부 설계시 지형, 입지조건, 근접시설물 등의 영향을 고려하여 구조 및 시공법을 선정하도록 한다. 지반조건이 불량한 경우, 라이닝을 설치하여 구조적 안정성을 확보하도록 한다. 갱문의 외관과 형상은 터널의 사용목적, 주변경관, 유지관리상의 편의, 지형 및 지반조건 등을 고려하여 선정한다. 터널 분기부는 지반조건이 양호하다고 예측되는 위치에 설치되도록 한다. 터널 크기와 지반조건에 적합하도록 설계하며 지반조건이 불량한 경우 강성이 충분한 지보재로 보강한다.

3.5 터널 설계시 기타 고려사항

심부암반으로의 추가확장을 가능하게 하는 터널 설계여야 하며 터널의 굴착은 암반의 손상을 최소화하도록 조절발파기법을 사용하도록 한다. 발파시, 터널입구에서 약 650미터 거리에 있는 연구용 원자로인 하나로에 미칠 수 있는 영향이 최소화 될 수 있도록 굴착공법 및 공정에 대한 설계를 실시한다. 진입터널과 연구모듈의 벽면에는 적당한 간격으로 배전반을 넣을 수 있는 공동을 설치하여야 하며 터널 굴착에 따른 지반의 거동과 지보재의 효과를 파악하기 위한 적합한 계측관리 계획이 수립되어야 한다.

3.6. Utilities

- 전기시설은 배수, 환기, 조명 및 기타 지하연구시설의 안전 운영에 필요한 전기용량 외에 별도로 연구시설에 필요한 전기용량 50KW (추후 조정가능) 를 추가한 전기용량을 공급할 수 있도록 설계되어야 한다. 배전반의 수와 위치는 지하터널 표준 설계에 따른다.
- 진입터널의 적절한 위치에 집수정(sump) 을 설치하여, 진입터널 및 연구모듈에서 발생된 지하수를 모아서 지상으로 배출할 수 있도록 해야 한다. 연구모듈 내에는 집수정을 설치하지 않고, 발생된 지하수는 자연배수에 의해 진입터널 내의 집수정으로 모이도록 한다. 집수정의 수와 크기, 위치, 배수펌프의 용량 등은 지하터널 표준설계에 따른다.
- 환기와 제습설비는 계측장비가 설치된 공간의 온도와 습도를 각각 26°C, 70% 로 유지시키기 에 충분한 용량을 갖추도록 한다. 진입터널과 연구용 모듈은 송풍시설을 통해 환기토록 한다.
- 진입터널에서는 통행에 지장이 없는 정도의 조명이 유지되어야 하며, 연구모듈에서는 실험실 정도의 조도를 가진 조명시설이 설치되어야 한다. 진입터널과 연구모듈에서는 비상시를 대비한 유도등 설비를 갖추어야 한다.

3.7. 부속시설

기계실을 설치하여 공기조화 및 환기 설비, 통신시설 등이 위치할 공간을 확보하도록 하며 전기시설을 설치하여 변압기, 비상발전기, 조명설비, 자동 화재탐지 설비, CCTV 및 방호설비, 접지설비 등을 배치한다. 펌프실을 설치하여 배수터널의 지하수 펌핑, 생활용수 공급 및 생활 하수 펌핑이 수행될 수 있도록 하며 시설의 제어, 관리를 위한 Control room 을 적합한 위치에 설치한다. 공사중 버려 상차를 위한 회전 공간확보를 위해 turning shelter 를 설치하며 진입도로, 주차시설, 공사용 가설도로의 확보 계획이 포함되어야 한다.

이러한 설계 요구서에 따른 설계를 위해 Fig. 1 에 표시된 개념과 같이 지하처분연구시설을 건설하는 경우, 최소 요건을 만족하는지를 확인하기 위해 2003년 11월부터 2004년 2월까지 수송용기 시설 좌측 부지에 대한 부지조사가 실시되었다. 조사지역 우측은 1996년 수행되었던 "처분 기술모의시험" 연구를 위해 조사된 바 있다 (김진웅 외,1996).



Fig.1. Areas of site investigation in 1996 and 2003.

4. 부지조사 주요 내용

4.1 지표지질조사

지하에 지질구조나 기반암의 분포 상태 등 본 지역을 구성하고 있는 지반의 암석학적 및 공학적 특성을 파악하기 위해 지표상에 드러난 지형/지질상의 특징을 관찰, 분석하였다. 조사 지역의 지질은 복운모화강암과 이를 관입한 안산암질 암맥 그리고 제4기 풍화잔류토층으로 구성되어 있다. 조사지역에서는 풍화토층 구간이 두껍게 발달하고 있다.

4.2 굴절법 탄성과 탐사

지하처분연구시설 부지에 분포하는 지질구조대의 예상위치와 규모를 파악하고 전반적인 지층 분포 상태를 조사하여 설계에 반영하기 위해 굴절법 탄성과 탐사가 실시되었다. Fig.2에서 보듯이 진입터널을 횡단하는 방향으로 4개 측선을 등간격으로 배열하고, 3개의 종측선을 진입터널 및 터널 좌우에 배열하여 격자상으로 되도록 측선을 설정하여 터널부지 인근에 대한 탐사를 시행하였다. 7개 측선의 총 연장은 1,645m이며 Fig. 2는 측선 배열을 보여준다. 측정결과 터널 진행 방향과 유사하게 놓이는 S-2 측선의 경우 상부 토사 및 풍화대에 해당하는 탄성과속도 1,200m/sec 이하의 지층은 측점 80~230m 구간을 제외하면 평균 15m 내외의 두께로 비교적 깊게 분포하고 있는 것으로 나타났다.

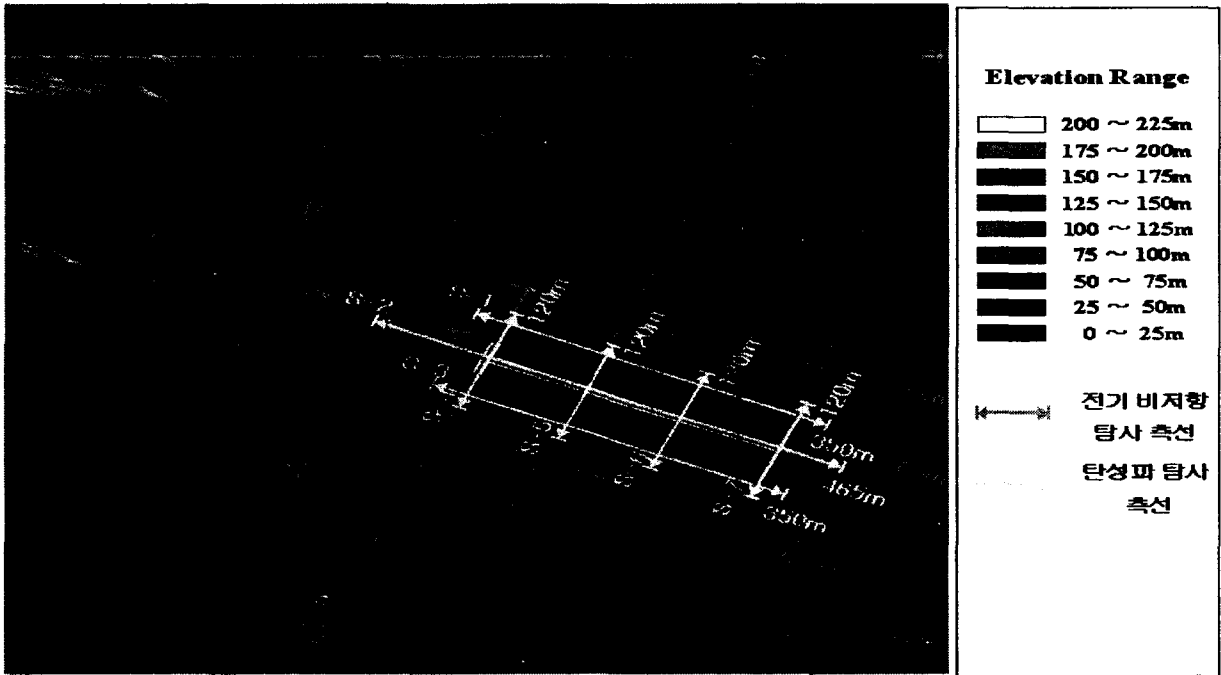


Fig.2. Seismic refraction survey(S) and electric resistivity survey lines(R)

4.3 전기비저항탐사

단층/파쇄대 및 터널굴착 대상구간의 상대적인 암질평가를 목적으로 전기비저항탐사가 실시되었다. 진입터널을 횡단하는 방향으로 4개 측선을 배열하고, 3개의 종측선을 진입터널 및 터널 좌우에 등간격으로 배열하여 격자상이 되도록 측선을 설정하였다. 탐사결과 탐사지역에서는 진입터널을 사교하는 저비저항 이상대와 수직으로 발달하는 이상대가 나타나는데, 이들 저비저항대는 단층 또는 파쇄대로 추정된다. 연구모듈이 위치할 곳과 가장 인접한 곳에서 터널을 가로지르는 R-5 측선을 따른 전기비저항 탐사결과는 Fig.3과 같다. 그림에서 보듯이 연구모듈은 단단한 기반암 내에 위치할 것으로 예상되며 모듈의 안정성에 영향을 줄 수 있는 파쇄대에서 어느 정도의 거리를 두고 있음을 알 수 있다.

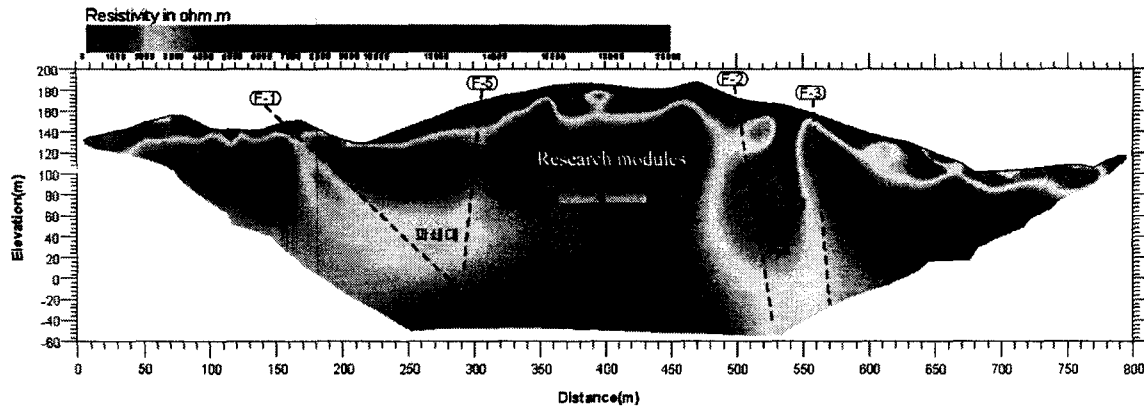


Fig. 3. Electric resistivity plot along R-5 survey line, which can show the rock condition around the research modules

4.4 시추조사

지층의 상태와 지반공학적 특성, 기반암의 분포상태 및 풍화도 등 파악, 시료의 채취 및 각종 원위치 공내시험을 실시하여 설계에 필요한 지반자료를 파악하기 위하여 수직시추와 경사시추가 실시되었다. 수직시추는 터널의 입구부에서 160m 깊이로 실시되었으며 경사시추는 터널의 예상 경사인 10%(5.7°)로 터널의 진행방향과 동일하게 실시하였다. 수직공 시추결과 상부로부터 2.0m까지 풍화토, 4.2m까지 풍화암, 10.3m까지 연암, 19.8m까지 보통암, 그 하부로 경암이 존재하는 것으로 나타났다. 17.2m~17.6m, 19.5m~19.8m, 34.0m~34.3m 구간에서 파쇄대가 관찰되며 수직공에서의 지하수위는 지하 18.5m로 일정하게 유지되었다.

경사시추 결과 시추공 입구에서 4m 까지 풍화토, 14m 까지 풍화암, 28m 까지 연암이 나오며 이후 경암이 나타났다. 단층대는 70m 구간에서 0.8m 그리고 75m 구간에서 2m 폭으로 나타난다. 시추공을 따른 암반의 상태는 입구에서 90m까지 절리가 많다가 90~110m까지는 양호한 암반을 만나며 110~125m 구간에서 절리가 많아지고 이후 180m까지 양질의 경암구간이 나타난다. 180~190m에서 파쇄가 많으며 이후 252m까지는 양호한 암반을 구성하고 있는 것으로 나타난다. 시추 작업중 50m와 80m 구간, 그리고 180m에서 지하수의 유입이 많았으며 이는 그 구간에 위치하는 구조대의 영향으로 보인다. 수리시험 결과 180m에 위치하는 함수절리대의 수리전도도는 매우 높게 나타났으며 시공전 그라우팅 작업으로 지하수를 차단하는 것이 필요할 것으로 보인다. 경사공에서 얻어진 절리 방향을 통계처리한 결과 N30°E 방향과 NS 방향의 절리가 우세하게 나타나며 이는 현재 고려중인 터널의 방향(N56°W)과 직각에 가깝게 놓이기 때문에 터널 안정성을 유지하는데 유리할 것으로 보인다.

5. 처분연구 터널의 주요 설계 내용

원자력연구소 부지내에 지하처분연구시설을 건설하는 경우에 대한 자료조사 및 부지조사를 통해 시설의 최소요건을 만족할 수 있도록 진입터널과 연구모듈의 개념을 도출하였다. 연구모듈은 원칙적으로 진입터널 끝 부분에 좌우 양쪽에 하나씩 배치하며, 산 정상부 아래에 위치하도록 함으로써 효과적으로 심도를 확보할 수 있도록 하였다(Fig.4). 연구모듈이 지표면에서 깊은 곳에 위치할 수 있도록 하면서 부지경계면에서 충분한 공간을 확보할 수 있도록 약 230m 길이의 진입터널을 굴착한다. 심도 확보와 함께 굴착 및 지보 작업, 운영시의 작업성을 고려하여 진입터널은 10% 하향 경사로 굴착하도록 한다. 진입터널 양쪽의 연구모듈의 길이는 각각 25m로 경사를 상향 2%로 함으로써 자연배수가 가능하도록 하였다. Fig.4에서 보는 것과 같이 작업차량의 교행을 위한 8m 길이의 turning shelter는 약 80m 간격으로 2곳에 설치한다.

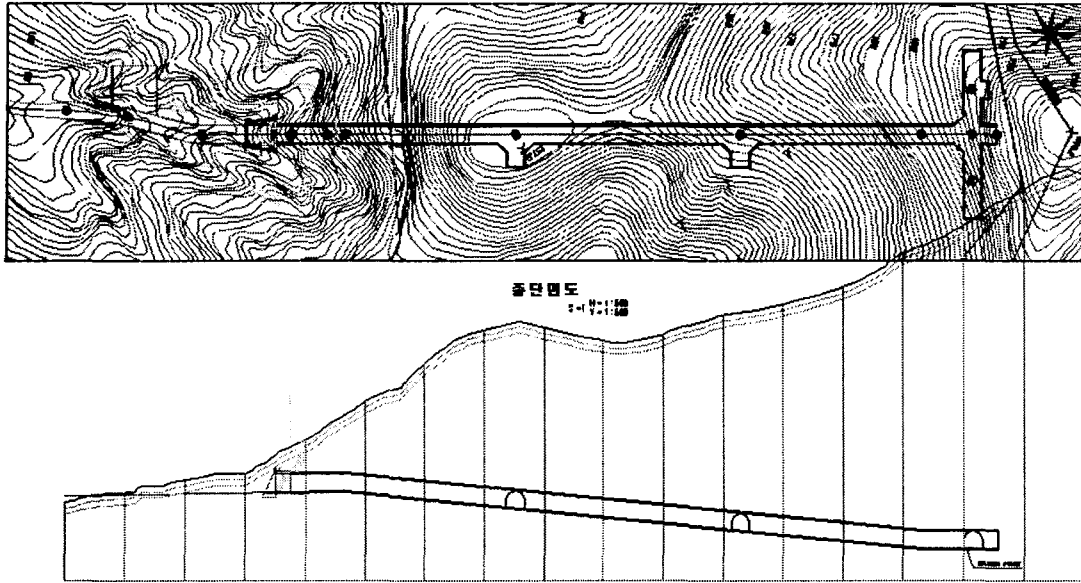


Fig. 4. Concept design of the underground research tunnel

Fig. 5 는 구간별 터널 지보를 보여준다. 모든 터널은 발파에 의해 굴착되며 진입터널과 연구 모듈은 6mx6m의 말뚝굽 형태를 갖도록 하였다. 발파 설계시 하나로 등 인접 시설에 대한 소음, 진동을 최소화하기 위해 지발당 장약량을 9kg 을 초과하지 않도록 하였다. 풍화대의 발달로 지반이 약한 진입터널의 입구부 50m 구간은 라이닝 등으로 충분히 보강하며 바닥 콘크리트는 30cm 두께로 타설한다 (Fig.5.a). 암반이 단단한 구간의 진입터널의 경우 라이닝을 설치하지 않으며 암반의 상태에 따라 슛크리트를 설치하고 원활한 장비 및 작업원 진출입을 위해 바닥에는 약 15cm 두께의 콘크리트를 타설한다. 암반을 이용한 연구가 수행되어지는 연구모듈은 양호한 암반에 위치하므로 Fig.5.c와 같이 슛크리트와 바닥 콘크리트를 설치하지 않도록 하여 터널벽면과 바닥의 암반이 노출될 수 있도록 한다. Fig.5.d 는 연구모듈과 진입터널이 만나는 교차지점을 보여준다. 작업장비의 회전을 위해 구석부분을 절개하며 중앙에 만들어지는 길이 5m 의 공간에는 공기조화가 가능한 컨테이너를 설치하여 연구모듈에서의 실험을 통제, 관리할 수 있도록 하였다.

6. 결론

지하처분연구시설은 처분 연구의 핵심 시설로서 처분개념의 실증과 안전성 평가 자료 생산을 위해 필수적이다. 본 연구에서는 원자력연구소내 화강암반에 소규모의 처분연구시설을 건설하는 방안의 타당성을 검토하기 위해 물리탐사, 시추, 암석시험을 비롯한 지질조사가 실시되었으며 이를 통해 얻어진 암반물성 자료를 이용하여 시설의 기본 설계를 작성하였다. 예상되는 터널방향과 동일한 방향으로 경사시추를 실시함으로써 터널 굴착시 예상되는 단층대, 함수절리군의 위치 및 크기, 주요 절리군의 분포와 같은 지질 변화를 파악할 수 있었으며 이를 통해 효과적인 설계가 이루어질 수 있었다. 지질조사결과 처분연구가 주로 수행될 연구모듈이 위치할 암반의 상태는 최소한의 지보로 암반의 유지가 가능할 것이며 따라서 암반에서의 각종 처분 관련 연구를 수행하는데 어려움이 없을 것으로 판단된다. 진입터널 입구부의 연약한 지반은 콘크리트 라이닝으로 보강하며 진입터널의 기타 부분은 슛크리트와 록볼트 설치로 보강하도록 설계하였다. 길이 230m의 진입터널을 하향 10% 경사로 굴착함으로써 연구모듈이 산정상부 아래쪽이 위치하도록 함으로써 연구모듈이 최소 100m 이상의 심도를 확보할 수 있도록 설계에 반영하였다.

감사의 글

이 연구는 과학기술부 주관 국가중장기 원자력 연구개발사업의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. 권상기, 김경수, 박정화, 조원진, 2003, Concept Development for HLW Disposal Research Tunnel, 2003추계원자력학회,용평.
2. SKB,1993,, Aspo hard rock laboratory annual report 1992, SKB technical report, SKB TR 93-08.
3. 김진웅 외, 1996, 고준위폐기물 처분기술개발-처분시스템엔지니어링 연구, 제 1차년도 연구보고서, KAERI/NEMAC/RR 174/96, 한국원자력연구소.

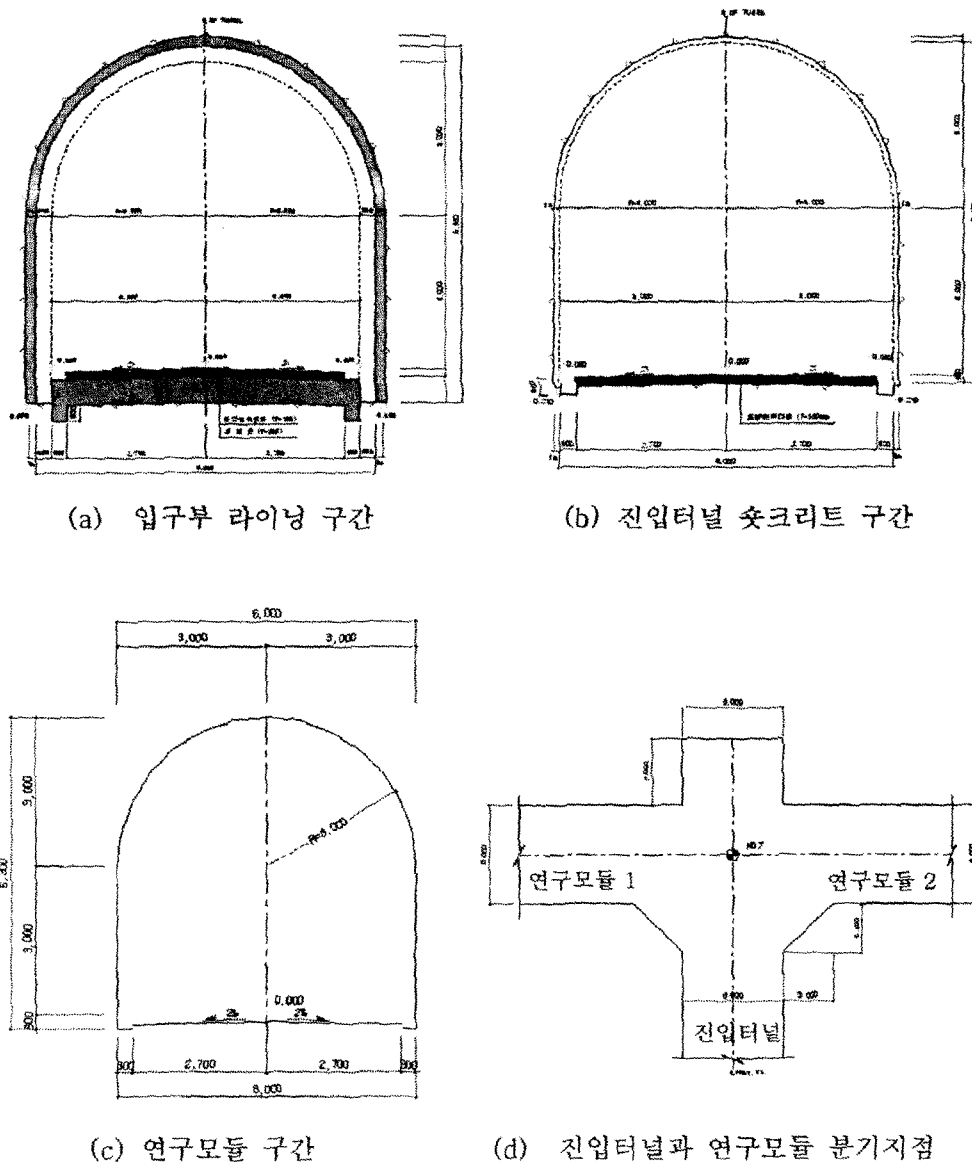


Fig.5. Tunnel design of the underground research tunnel