

장심도 정밀수리시험용 Straddle packer system 구축

김경수, 박경우, 지성훈, 고용권, 최종원
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
 kskim@kaeri.re.kr

1. 서론

방사성폐기물 처분부지의 수리지질학적 투수성은 처분시스템의 설계와 안전성 평가에 중요한 인자이기 때문에 신뢰성 있는 방법으로 평가하는 것이 무엇보다 중요하다. 현재 국내의 지반조사 현장에서 이루어지는 암반의 투수성 시험방법은 나공 상태에서의 간이 수리시험이나 양수시험, 또는 이중패커를 이용한 주입시험 등이 적용되고 있다. 현행의 이러한 시험법들은 시험조건 상의 문제점도 있지만 시험이론을 만족시키는 적절한 장비가 갖추어지지 않은 상태로 시행되고 있기 때문에 투수성 자료의 신뢰성은 그리 높다고 볼 수 없다.

고도의 정밀성을 요구하는 고준위폐기물의 처분기술개발을 위해서는 선진국 수준의 정밀한 장비가 마련되어야 한다는 필요성이 제기되었으며, 한국원자력연구원에서는 원자력연구기반확충사업을 통하여 장심도(1,000 m) 수리시험장비를 구축하였다.

2. 현행 수리시험장비의 문제점

현재 국내에서 일반적으로 적용되고 있는 수리시험장비의 문제점은 첫째, 지하의 패커 격리구간 내의 자연상태의 지하수압력 및 주입압력을 지표에서 계측한다는 것이다. 즉, 시험구간의 압력을 계측하기 위하여 시추공 내 시험구간에서부터 지표까지 연결된 호스 말단부에 shut-in 밸브를 설치하여 밸브를 폐쇄 상태에서는 시험구간의 압력을 얻고, 개방상태에서는 호스에 부하되는 압력을 계측하고 있다. 이러한 국내 시험장비가 갖는 지표 shut-in 밸브 시스템 하에서는 시험 구간의 저류효과 영향을 제거할 수 없다.

두 번째 문제점은 시험구간의 압력은 원위치 격리구간의 압력을 실시간으로 계측 가능하여야함에도 지표에서 계측하고 있다는 것이다. 세 번째 문제점은 상하부 패커와 암반에서 일어 날 수 있는 누수현상을 감시하기 위해 하부 패커 아래, 상부

패커 위 구간에 대한 압력도 동시에 계측되어야 한다는 것인데 현행의 장비로는 상기의 문제점을 해결할 수 없다. 문제 해결에 어려움을 주는 요인은 직경 3~4 인치 공경 내에 투입되어야 하는 장비에 압력센서와 신호를 전달하는 트랜스미터 등을 적절하게 장치하기가 쉽지 않기 때문이다.

3. 장비의 성능 및 적용성

본 연구를 통해서 현행 기술적인 문제점을 해결하기 위하여 Inflatable Packers International Co.와 계약 하에 다음과 같은 핵심 설계요건을 설정하였다.

- 최소 시험공 내경 및 최대 시험심도: 3~4 인치 / 1,000 m
- 이중패커시스템 및 3개 구간 (P1, P2, P3) 원위치 압력센서 설치, 실시간 자료 취득
- Downhole shut-in valve
- 원위치 지하수시료 채취 및 slug 시험을 위한 submersible pump
- 실시간 자료기록장치, 패커 inflator, 압력펌프, 연결호스 및 패커튜브, 압력게이지
- 적용 가능 수리시험: pulse test, slug test, 계측기 추가하는 경우 정압주입시험/수위강하시험

상기의 설계요건에 맞추어 제작된 수리시험 장비의 전체 어셈블리는 Fig. 1 과 같다. 장비의 본체외에 1,000 m 물량의 2 인치 로드, 스테인레스 패커 압력 튜브 및 shut-in valve 튜브, 데이터 케이블, 그리고 패커 팽창장치, 데이터 로거 등이 부대부품으로 구성되어 있다.

본 장비를 이용하여 수행할 수 있는 시험은 다음과 같다.

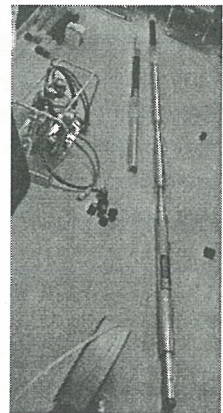


Fig. 1. Straddle packer system assembly

- 시험구간의 자연상태 지하수압 계측
- 불교란 상태의 지하수시료 채취
- 정압 및 정률 수리시험
- 순간충격시험 및 펄스시험
- 양수시험

시험자료는 실시간으로 현장에서 확인 가능하여 정상류 상태의 자료 취득에 필요한 시험 시간을 결정할 수 있다. 전체적인 시스템의 기능 점검과 현장 적용시험(Fig. 2)을 통하여 우리나라의 장심도 시추공에서 양질의 투수성 자료를 취득할 수 있는 발판을 구축하게 되었다.



Fig. 2. Field demonstration of straddle packer system

4. 결론

본 연구의 결과로 구축된 심부 시추공에서의 정밀수리시험 장비는 국내 현장조사 기술력의 획기적인 향상을 선도할 것이며, KURT에서 이루어지는 수리시험 및 방사성폐기물 처분부지 특성평가에 직접 적용될 것이다. 부분적으로 미흡한 기능, 즉, 정률계측장치, 정압주입장치, DAS 박스 등은 추후의 연구와 설계를 통하여 그 기능을 확장할 계획이다.

5. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력연구기반 확충사업-연구시설/장비구축운영분야(과제번호: 2009-0083259)으로 수행되었다.