

심부 단열암반 투수성 평가를 위한 정밀 수리시험장비 구축

김경수, 고용권, 최종원

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

kskim@kaeri.re.kr

1. 서론

방사성폐기물 처분부지의 기본적인 요건 중에서 암반의 투수성은 안전성평가에 가장 중요한 인자이기 때문에 후보부지의 요건으로 저투수성암반이 최우선시 되고 있다. 현재 국내의 지반조사 현장에서 이루어지는 저투수성 단열암반의 투수성 시험에는 통상적인 패커시험이 적용되고 있다. 다량의 지하수 채굴을 목적으로 하는 조사, 즉, 온천수 개발, 농·공업용수 개발을 위한 시험은 고 투수성 암반 또는 대수층의 투수성을 평가하는 것이기 때문에 통상적으로 양수시험이 시행되고 있다. 저투수성암반에서 이루어지고 있는 패커시험은 단단계 주압압을 가하는 루전시험법을 적용하거나 일정압력 주입 조건에서의 유량을 변화를 얻는 정압주입시험법을 적용하고 있다. 일부 조사현장에서는 좀 더 간편한 방법으로 나공 상태에서의 순간충격시험을 시행하고 있다. 현재 국내에서 시행되고 있는 이러한 시험법들은 시험조건 상의 문제점도 있지만 시험이론을 만족시키는 적절한 장비가 갖추어지지 않은 상태로 시행되고 있기 때문에 해석결과의 품질에 대하여 많은 논란이 제기되고 있다.

특별히, 방사성폐기물 처분부지의 단열암반에 대한 투수성 평가는 매우 중요한 인자이기 때문에 적절한 장비가 마련되어야 한다는 필요성이 제기되었으며, 이러한 배경에서 국내 방사성폐기물 처분관련 연구를 주관하고 있는 한국원자력연구원에서는 KURT 부지 주변에서 시행하는 1,000 m 심부 시추조사의 품질을 국제적인 수준으로 향상시키기 위하여 국내 최초로 정밀 수리시험장비를 개발, 구축하고자 한다.

2. 시험장비의 설계 및 성능

현재 국내의 시추공 패커시험에 이용되고 있는 시험장비의 가장 취약점은 지하의 패커 격리구간 내의 자연상태의 지하수압력 및 주입압력을 지표에서 측정한다는 것이다. 즉, 시험구간의 압력을 측정하기 위하여 시추공 내 시험구간에서부터 지표까지 연결된 호스 말단부에 shut-in 밸브를 설치하여 밸브를 폐쇄 상태에서는 시험구간의 압력을 얻고, 개방상태에서는 호스에 부하되는 압력을 측정하고 있다. 이러한 국내 시험장비가 갖는 지표 shut-in 밸브 시스템 하에서는 시험공 저류 효과가 시험결과에 미치는 영향을 제거할 수 없다. 패커를 이용한 수리시험의 이론을 만족시키기 위하여는 Shut-in 밸브를 상부 패커 직상부에 위치시키고, 압력센서를 패커 내부에 위치시키는 것이 핵심이고, 이로한 시스템 하에서만 수리 시험 결과의 품질을 직접적으로 향상시킬 수 있다.

Shut-in 밸브를 지표에 두지 않고 시험공 내 상부패커 직상부에서 개폐 작동하도록 함으로서 얻는 시험의 결과는 Fig. 1과 같다. 지표에 shut-in 밸브를 위치하는 조건의 시험

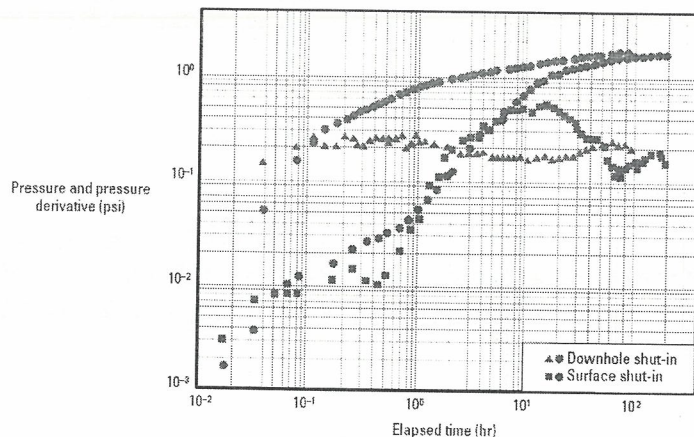


Fig. 1. Example of two well tests showing wellbore storage reduction with downhole shut-in valve.

결과에서는 공내 저류효과로 인하여 방사성흐름이 100 시간 이후에 형성되지만, downhole 조건에서는 1 시간 정도에서 형성됨을 알 수 있으므로 이들의 결과로부터 공내 저류효과와 afterflow 기간의 시간을 효과적으로 최소화함을 알 수 있다.

본 연구에서는 국내 수리시험 기술수준을 획기적으로 선도하고자 다음과 같은 기본 요건을 전제로 설계를 진행하였다.

- 최소 시험공 내경 및 최대 시험심도: 3~4 인치 / 1,000 m
- 이중 패커시스템 및 3개 구간 (lower, interval, upper) 원위치 압력센서
- Downhole shut-in valve
- 원위치 지하수시료 채취 및 slug 시험을 위한 submersible pump
- 부속장비: 실시간 자료기록장치, 패커 inflator, 압력펌프, 연결호스 및 패커튜브, 압력게이지, 케이블 윈치
- 적용 가능 수리시험: pulse test, slug test, 계측기 추가하는 경우 정압주입시험/수위강하시험

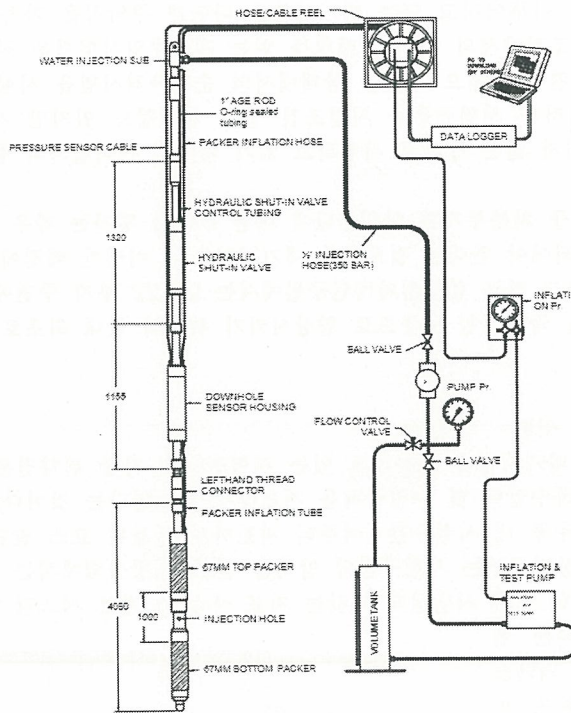


Fig. 2. Layout and major components of downhole hydro-testing equipment.

3. 결론

본 연구의 결과로 구축된 심부 시추공에서의 정밀수리시험 장비는 국내 현장조사 기술력의 획기적인 향상을 선도할 것이며, KURT에서 이루어지는 수리시험 및 방사성폐기물 처분부지 특성 평가에 직접 적용될 것이다. 부분적으로 미흡한 기능 및 계측기는 추후의 연구를 통하여 그 기능을 확장할 계획이다.

사 사

본 연구는 교육과학기술부의 원자력연구기반확충사업-연구시설/장비구축운영분야 (과제번호: 2008- 03796)으로 수행되었다.