

저준위폐기물처분장 운영 전 사전 안전성평가를 위한 공동 굴착 중 단열체계특성 정량적 조사 및 분석 방안

김경수, 배대석, 고용권, 최종원, 김종열*
한국원자력연구원, *소암컨설팅(주)
kskim@kaeri.re.kr

1. 서언

도로나 철도 노선의 직선화 및 지하공간 이용 증가 추세로 터널·공동의 장대화 및 대규모·대심도화 하는 추세에 있다. 이러한 지하공간 굴착 과정에서 예상치 못한 연약대 혹은 파쇄대의 출현으로 공사 진척에 상당한 장애요소에 직면하게 된다. 더욱이 방사성폐기물처분장의 경우 건설허가 단계 중 부지특성조사에서 예측한 처분장 부지의 지질환경특성은 굴착과정에서 상당한 변화가 불가피하므로, 이를 수정·보완한 내용을 토대로 처분장의 운영 전 사전 안전성평가가 수행되어야 한다. 이와 관련하여 기본 자료로서 굴착 과정에서 취득한 단열분포특성 자료를 정량적으로 조사·분석하여 안전성평가에 적용함으로써, 처분장부지의 지하수유동체계 해석에 대한 불확실성을 저감시킬 수 있어야 한다.

지하공간 굴착공사 중 단열의 조사·분석은 여러 가지 여건에 의해 그 정확성·정밀성은 상당한 제약을 받고 있다. 발파공정 사이의 짧은 시간 내에 열악한 굴착 환경뿐만 아니라, 육안조사에 의존하는 조사자의 특성에 따라서 측선법(scan-line method) 이나 측면법(window mapping) 등과 같은 방법은 건설 중 열악한 환경 하에서 수행하는데 많은 장애요소에 직면하게 되고 결과의 신뢰성에 영향을 미치게 된다. 특히 방사성폐기물 처분사업에서는 상당한 불확실성의 저감에 대한 장애요인으로 작용한다. 일반적으로 터널 굴착공사 중 단열의 조사는 단열체계에 대한 조사 및 분석 시 주요 단열(대)에 대한 조사로 국한하여 접근하고 있어 방사성폐기물 처분장의 안전성확보에 관한 신뢰성 제고에 큰 장애가 된다.

전술한 굴착 중 다양한 장애요소를 저감시키고 공사의 효율성 유지를 위해 발파공/그라우팅공 등 소규모 시추공(슬림홀)에서 BIPS 기능을 이용한 단열특성의 조사·분석의 정량적 접근방법을 제안한다.

2. 발파공 등 소규모 시추공을 이용한 단열특성 정량분석 기술

슬림홀 광학스캐너(SHOS: Slim Hole Optical Scanner): 대부분 상용되는 BHTV 및 BIPS 등 검층기법은 NX 규격(76mm) 이상의 시추공에 적용 가능하여 굴착과정에 적용 시 공기지연과 경제성 측면에서도 그의 응용은 거의 선택력이 없다. 슬림홀 광학스캐너(SHOS)는 BIPS와 동일한 영상이미지를 취득하는 기능을 갖추고 로거 직경이 23mm로서 발파공/그라우팅공과 같은 슬림홀 시추공에 적용이 가능하다. 또한 내부 구조는 단순화하여 몸체길이를 약 89cm로 최소화 하여 발파공이 어느 정도 흰 경우에도 응용이 가능한 것이 장점이다(그림 1). SHOS의 분해능은 약 5 pixel/mm이며 이미지는 단열정보는 물론 암반 물성까지도 정확한 판단이 가능하다. 또한 경량화하여 막장에서 천공 심도(약 10m이내)에 대하여 한 두 사람의 힘으로 슬림홀 내에 삽입 및 측정이 가능하다(그림 2).

터널 막장 face mapping 및 분석: 터널 막장 단면에서 다음 발파구간에 대한 발파공 굴착 후 장약 장입 전에 광파측량기를 이용하여 슬림홀 입구, 방향 및 깊이, 절리 끝 단부, 막장 면의 요철, 주요 암층의 변화 등을 데이터화하여 저장한다. 한편, 취득한 단열정보는 위치, 방향성, 틈 크기, 조도특성 등, 모든 인자들을 정량적으로 분석하여 사업의 목적에 부합되도록 적절한 해석이 가능하다. SHOS를 이용하여 한국원자력연구원의 KURT(Korea Underground Research Tunnel;

지하처분연구시설) 터널 벽에 천공한 슬립홀(직경 약 45mm)에 적용한 결과, 터널굴착 주변의 단열체계를 3차원으로 정확히 예측 및 재현할 수 있었다(그림 3, 4).

터널 전방 단열구조 3차원 모델: 분석된 단열정보는 다음의 절리구조 3차원 입체화를 위한 기본 자료가 된다(그림 3). 만약 단열면이 평면이라고 가정하면 이 면은 단열면 위 임의의 한 점과 경사각 및 경사방향에 의해 정의된다. 슬립홀의 방향이 다양하기 때문에 각 이미지에서 발췌된 겹보기 단열정보는 좌표 및 시추공의 방향성을 토대로 실제 단열정보 기준으로 전환된다. 단열정보 분석결과(심도, 절리방향, 경사각)를 공간적인 개념에서 확대 연상하여 인접 시추공 정보와 상호연계성시켜 3차원 수치화할 수 있는 알고리즘을 개발하였다. 이 결과는 굴착 시 전방의 단열체계를 현장에서 3차원으로 즉시 구현할 수 있어 공정관리에도 유용하게 활용 가능하다. 나아가서 전체 단열자료를 통계처리하여 운영 전 사전안전성평가지 단열망체계 내에서 지하수유동 해석에 중요한 정보를 제공할 수 있게 된다.

3. 결론

최근 BHTV 및 BIPS와 같은 검층기술로 고분해능으로 시추공벽을 스캔닝할 수 있어서 단열은 물론 암반물성에 대한 대규모 정보처리가 가능하게 되고 결과의 정확성, 정밀성에도 한층 신뢰성을 확보하게 되었다. 특히 굴착공사 기간 중에 열악한 여건 하에서도 기존 발파, 앵커 및 그라우팅공을 활용하여 단열체계의 특성을 조사·분석 및 이의 적용이 가능하게 되었다. SHOS는 대체로 규격 측면에서 BIPS의 기능을 축소화한 logger로써 한국원자력연구원 지하처분연구시설 KURT내 슬립홀에 적용하여 산출된 절리구조 3차원 수치화 결과는 바로 슬립홀 주변의 단열체계를 가능한 한 자연상태에 근접하게 모사할 수 있었으며 그 적용 가능성을 확인하였다. 더욱이 이 기술을 이용한 단열특성 분석에 대한 주변 software가 이미 완성되어 있어서, 방사성폐기물처분장 부지의 지하수유동 및 안전성평가에 적용 가능한 단열체계망 모사의 신뢰성확보에 비중이 높은 역할이 기대된다. 나아가서 굴착 공정관리에도 유용하게 활용 가능하다.

사사 본과제는 교육과학기술부의 원자력연구개발중장기계획사업, 원자력연구기반확충사업 및 국제과학기술협력재단 양자간공동연구과제의 일환으로 수행되었습니다.

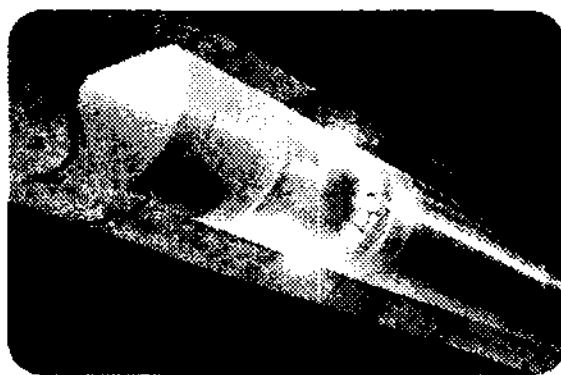


그림 1 슬립홀 광학 스캐너 (SHOS)



그림 2 KURT내에서 SHOS 삽입

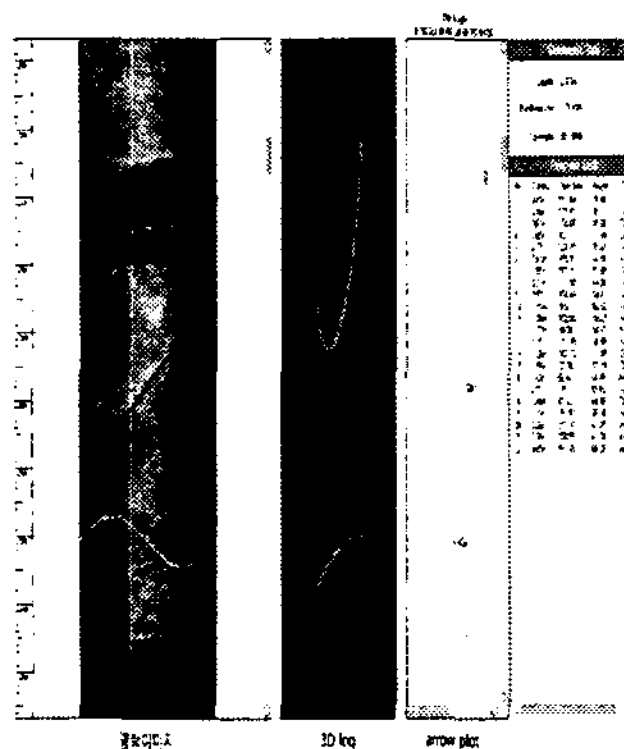


그림 3 광학이미지로부터 단열정보 발췌

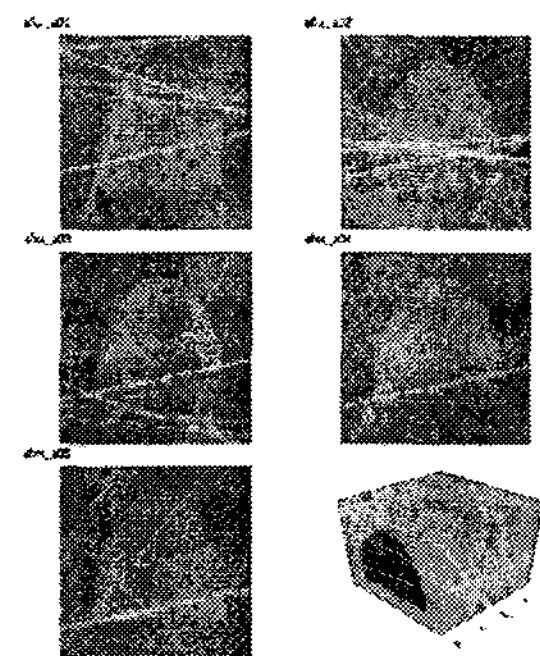


그림 4 KURT 내 슬립홀 BH01 주위 절리구조 입체 영상화