

## 암석의 열전도도를 이용한 암반손상대 평가에 관한 연구

이창수, 전석원, 권상기\*, 최종원\*\*

서울대학교, 서울특별시 관악구 대학동

\*인하대학교, 인천광역시 남구 용현동 253

\*\*한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

cslee@snu.ac.kr

### 1. 서론

일반적으로 굴착손상영역(Excavation Damaged Zone, EDZ)은 굴착으로 인해 터널 주변암반이 원래의 암반과 다른 열, 수리, 역학적인 특성을 나타내는 영역을 의미한다. 이러한 굴착손상영역은 지하 약 500 m에 건설되는 고준위 방사성 폐기물 처분장과 같은 구조물에서의 구조적인 안정성에 크게 영향을 미치게 된다. 이러한 이유로 여러 선진 국가에서 지하처분 연구시설을 건설하고, 현장 및 실험실 시험을 통해 굴착손상영역에 대한 수많은 연구를 수행하였다. 하지만 수행된 기존의 연구들에서는 실험실 시험 및 현장시험을 통해 굴착손상영역이 암석 및 암반의 수리, 역학적인 물성에 미치는 영향에 대해 주로 연구를 하였다. 이에 본 연구에서는 KAERI Underground Research Tunnel (KURT)의 건설과정에서 발생된 굴착손상영역을 암석의 공극률 변화와 열전도도의 변화로 평가하고자 하였다

### 2. 굴착손상영역에서의 암석의 열전도도 변화

#### 2.1 연구대상지역

굴착손상영역에 관한 연구는 터널입구로부터 약 60 m 떨어진 회차구간에서 수행되었다. 연구대상 지역 암석의 역학적인 특성을 알아보고자 17개의 암석시편에 대해 일축압축시험과 탄성파 속도 측정을 수행하여 표 1에 정리하였다.

Table 1. 암석의 역학적 특성.

암석물성	평균값
탄성계수 (GPa)	59.68
일축압축강도 (MPa)	109.28
P파 속도 (m/s)	4771
S파 속도 (m/s)	2489
비중 (-)	2.65
공극률 (%)	1.01

#### 2.2 암석의 열전도도시험

본 연구에서는 한국지질자원연구원에서 고안하

여 만든 Divided-bar 시험장비를 이용하여 암석의 열전도도를 측정하였다. 시험장치의 맨 위와 아래면의 온도를 각각 40도와 20도로 설정하였으며, 실내 온도는 25도를 유지하며 열전도도 시험을 수행하였다(그림 1).

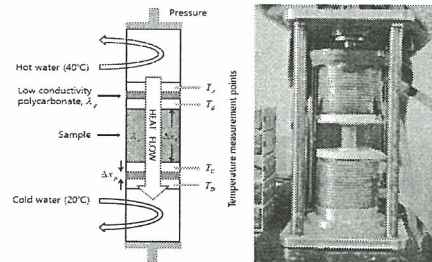


Fig. 1. Divided-bar 시험장비.

본 연구에서는 암석 sample과 시험 장비간의 접촉에서 발생하는 접촉저항을 고려하여 Beardsmore와 Cull (2001)에 제시된 식 (1)을 이용하여 암석의 열전도도를 구하였다.

$$\frac{\Delta X_s}{\lambda_{st \text{ corrected}}} = \frac{\Delta T_s}{(\Delta T_1 + \Delta T_2)} \times \frac{1}{C} - R \quad (1)$$

$\Delta X_s$ : 시편의 높이,  $\lambda_s$ : 시편의 열전도도

$\Delta T_s, T_B - T_C, \Delta T_1: T_A - T_B, \Delta T_2: T_C - T_D$

$T_A, T_B, T_C, T_D$ : 온도측정지점 A, B, C, D에서의 온도

식 (1)은 1차함수로서, 다양한 길이의 표준시편에 대한 열전도도시험으로부터 상수  $C^{-1}$ 와  $R$ 을 구할 수 있다. 본 연구에서는 5개의 서로 다른 폴리카보네이트를 이용하여  $C^{-1}$ 와  $R$ 을 각각 8.9451과 0.5975로 구하였다.

#### 2.3 열전도도시험 결과

그림 2는 터널 벽면거리에 따른 굴착 전, 후의 열전도도 변화를 나타낸 것이다. 굴착 전의 열전

도도 평균값은 3.03 W/mK(2.73~3.32 W/mK)로 나타난 반면, 굴착 후의 열전도도 평균값은 2.43 W/mk(1.73~2.99 W/mK)로 나타났다. 굴착 전, 후의 열전도도를 살펴본 결과, 평균값을 기준으로 열전도도가 약 20 % 정도 감소한 것을 알 수 있었으며, 열전도도의 변화범위는 대략 1.8 m인 것으로 판단되었다.

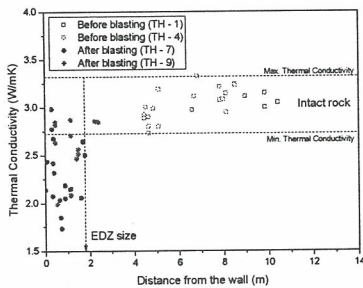


Fig. 2. 벽면거리에 따른 열전도도 변화.

일반적으로 암석의 열전도도는 암석의 공극률이 증가할수록 감소하는 것으로 보고된다. 이는 상온에서의 0.03 W/mK인 공기의 열전도도에 비해, 화강암의 주요 광물의 열전도도는 상온에서 약 1.6~7.7 W/mK로 훨씬 더 크기 때문에 공극률의 증가는 암석의 열전도도의 감소로 나타나게 된다(Horai, 1971). 그림 3에 잘 나타나 있듯이, 그러한 경향은 본 연구에서도 확연히 드러났다.

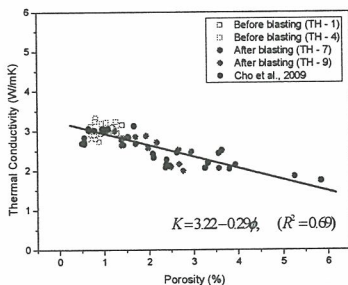


Fig. 3. 암석의 공극률과 열전도도와의 상관관계.

그림 4에 나타나있는 굴착손상영역에서의 공극률 변화(이창수 외, 2011)와 본 연구의 결과를 종합해 볼 때, 굴착손상영역에서의 열전도도의 변화는 발파로 인한 발파 충격과 응력의 재분배로 인해 미세균열의 발생과 기존 균열의 확장으로 인해 공극률이 변화하게 되고, 이러한 공극률의 변

화가 열전도도의 감소를 야기한 것으로 판단된다.

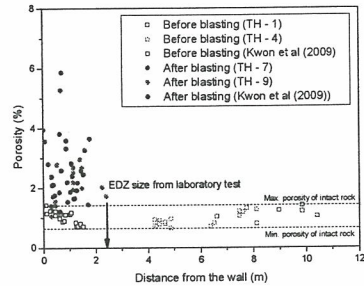


Fig. 4. 벽면거리에 따른 암석의 공극률 변화.

### 3. 결론

KURT의 건설과정에서 발생된 굴착손상영역을 암석의 열전도도의 변화로 평가하고자 하였다. 암석의 열전도도의 경우, 무결암에 비해 약 20% 정도 감소하는 것으로 나타났으며, 그 범위는 대략 1.8 m인 것으로 판단되었다. 굴착손상영역에서의 열전도도 감소는 발파 충격과 응력의 재분배로 인한 미세균열의 발생과 기존 균열의 확장으로 증가된 공극률로부터 야기된 것으로 판단된다.

### 4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력 연구개발 중장기 계획사업의 일환인 공학적 방벽 성능실증 기술개발 과제(53324-11)로 수행되었습니다.

### 5. 참고문헌

- [1] Beardsmore, G.R., Cull, J.P., 2001, Crustal Heat Flow. Cambridge University Press.
- [2] Horai, K., 1971, Thermal conductivity of rock-forming minerals. J. Geophys. Res., Vol. 76, p. 1278-1308.
- [3] 이창수, 전석원, 권상기, 2011, 한국원자력연구소 내 지하처분연구시설에서의 암반손상대 평가에 관한 연구, 한국방사성폐기물학회 춘계학술논문요약집. p. 331-333.