

한국원자력연구원 내 지하처분시설에서의 암반손상대 평가에 관한 연구

이창수, 전석원, 권상기*,

서울대학교, 서울특별시 관악구 대학동

*한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

cslee@snu.ac.kr

1. 서론

일반적으로 굴착손상영역(Excavation Damaged Zone, EDZ)은 역학적, 열적, 수리적 그리고 화학적 특성이 굴착으로 인해 원래의 암반과 다른 특성을 나타내는 영역을 의미한다. 이러한 암반손상영역은 특히 심도가 깊을수록 그리고 현지응력이 클수록 그 영향은 크게 나타나게 된다. 특히 지하 약 500 m에 건설되는 고준위 방사성 폐기물 처분장의 경우, 굴착손상영역으로 인한 처분장 주변의 암석 물성 변화는 고준위 방사성 폐기물 처분장의 안정성에 크게 영향을 미치게 된다. 따라서 굴착으로 인해 발생된 손상영역의 범위와 그 정도를 파악하는 것은 고준위 폐기물 처분장 설계를 위해 반드시 필요하다. 이에 본 연구에서는 KAERI Underground Research Tunnel, KURT의 건설과정 동안 발생된 굴착손상영역의 범위와 그 정도를 실험실 시험과 수치해석을 이용하여 구하고자 하였다.

2. 본론

대전광역시 유성구 덕진동 일대의 한국원자력 연구소 부지 내에 위치하고 있는 KURT는 총 180 m의 진입터널과 좌, 우로 30 m, 45 m의 연구터널 그리고 회차구간(turning shelter)으로 이루어져 있다. 본 연구에서는 터널입구로부터 약 60 m 떨어진 회차구간에서 획득한 암석의 공극률의 변화를 살펴봄으로써 굴착손상영역의 특성을 실험적으로 살펴보고자 하였으며, 또한 Particle Flow Code 2D를 이용한 수치해석적인 방법으로 굴착손상영역을 평가하고자 하였다.

2.1 실험시험

공극률은 전체 부피에 대한 공극의 부피비로 정의된다. 본 연구에서는 암석시료를 800 Pa 이내의 진공오븐에서 24시간 이상 수증에서 포화시킨 포화시료의 질량과 105 °C 온도로 24시간이상 건조시킨 건조질량, 그리고 시료의 부피를 이용하여

암석시편의 공극률을 측정하였다. Fig. 1은 벽면 거리에 따른 암석의 공극률의 변화를 보여주고 있다. 굴착전의 공극률은 0.65 % ~ 1.41 %의 범위로 나타났으며, 그 평균값은 0.99 %이고 표준편차는 0.23으로 나타났다. 반면 굴착 후의 암석 공극률은 1.05 % ~ 5.85 %의 범위로 나타났으며, 평균값은 2.58 %이고, 표준편차는 1.15로 나타났다. 굴착 전과 굴착 후의 암석의 공극률을 살펴본 결과, 평균값을 기준으로 공극률이 약 2.6배 정도 증가한 것을 알 수 있었다. 이는 굴착으로 인해 주변 암반이 영향을 받은 것으로써, 미세균열의 발생과 기존 균열의 확장으로 인한 것으로 판단된다. 또한 그 영향을 받은 범위는 Fig. 1에서 알 수 있듯이, 벽면거리가 약 2.5 m 지점까지인 것으로 판단된다. 이러한 연구결과는 선행 연구(Kwon et al., 2009)와 비교하였을 때, 유사한 경향을 보임을 알 수 있었다.

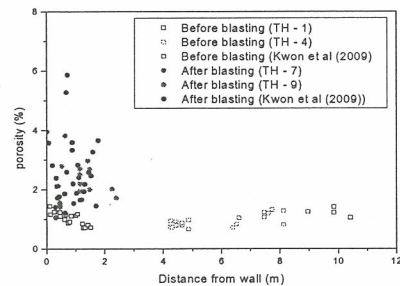


Fig. 1. Relationship between porosity and distance from the wall

2.2 수치해석

Particle Flow Code 2D를 이용하여 굴착손상영역을 수치해석적으로 모사하기 위해, KURT 주변 암반의 물성은 선행연구 Kwon et al (2006)에서 제시한 Q값을 이용하여 Barton (1980, 1995)이 제시한 식으로부터 암반 변형계수는 18.90 GPa, 암반강도는 32.51 MPa로 추정하였다.

발파에 의한 암반 굴착을 수치해석적으로 모사하기 위하여 발파에 의해 발생하는 최대발파압력은 Konya와 Walter (1991)에서 제안한 식을 이용하였으며, 최성웅 등 (2004)이 제시한 감쇠함수와 최대발파압력의 디커플링효과를 고려하였다.

발파에 의해 발생된 균열밀도를 계산하여 굴착손상영역을 정량적으로 산정하고자 하였다. Fig. 2는 벽면으로부터 거리를 0.1 m 간격으로 세분화하여 구한 균열밀도를 벽면거리에 대해 나타낸 것이다. 전체적으로 벽면거리가 증가함에 따라 균열의 밀도는 감소함을 알 수 있다. 이러한 경향은 앞서 살펴본 공극률의 변화양상과 매우 흡사한 것으로 나타났다. 발파에 의해 발생된 균열의 밀도를 수치해석적인 방법으로 살펴본 결과 최대 약 40 %정도로 나타났으며 손상범위는 약 4 m 지점까지인 것으로 나타났다.

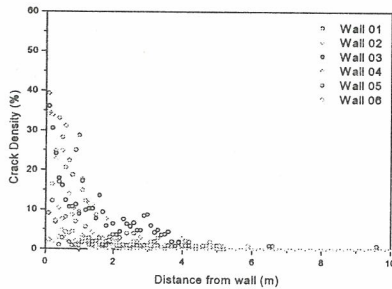


Fig. 2. Change of the crack density around wall of KURT

3. 결론

본 연구에서는 KURT의 건설로 발생된 굴착손상영역에서 획득한 암석시료들을 이용하여 암석의 공극률을 조사함으로써, 굴착손상영역의 범위와 손상정도를 살펴보았다. 공극률의 변화를 살펴본 결과, 발파에 의한 굴착으로 인해 약 2.5 m 내의 암석들은 공극률이 평균적으로 약 2.6배 정도 증가하는 것으로 나타났다.

PFC2D를 이용하여 KURT의 발파에 의한 굴착과정을 수치해석적으로 모사하여 굴착손상영역을 정량적으로 평가하였다. 수치해석의 결과 벽면거리가 약 4 m인 지점까지 균열이 발생하는 것으로 나타났으며, 벽면거리가 가까운 영역에서는 최대 약 40 % 정도의 균열이 발생하는 것으로 나타났다.

4. 감사의 글

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

5. 참고문헌

- [1] 최성웅, 박의섭, 선우춘, 정소걸, 2004, 실측 진동파형을 이용한 발파 동해석 기법에 관한 연구, 터널과 지하공간, 제 14권 제 2호, 108-120
- [2] Barton N. Løset F, Lien R, Lunde J. Application of the Q-system in design decisions concerning dimensions and appropriate support for underground installations. Int Conf Subsurface Space, Rockstore, Stockholm, Sub-surface 1980; 2: 553-561.
- [3] Barton N. 1995. The influence of joint properties in modelling jointed rock masses. Keynote Lecture, 8th Congress of ISRM, Tokyo, Vol. 3. Rotterdam: Balkema, 1995.
- [4] Konya, C. J., Walter, E. J., 1991. Rock blasting and overbreak control. FHWA-HI-92-001. National Highway Institute, 5.
- [5] Kwon, S., Cho, W. J., Han, P. S., 2006. Concept development of an underground research tunnel for validating the Korean reference HLW disposal system. Tunnelling and Underground Space Technology. 21, 203-217.
- [6] Kwon, S., Lee, C. S., Cho, S. J., Jeon, S. W., Cho, W. J., 2009. An investigation of the excavation damaged zone at the KAERI underground research tunnel. Tunnelling and Underground Space Technology. 24, 1-13.