

암반손상대를 고려한 지하처분 연구시설의 2차원 거동해석

김진섭, 권상기, 조원진

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150

kverity@kaeri.re.kr

1. 서론

방사성폐기물처분장이나, 원유의 지하저장 비축기지 그리고 지하 발전소 등과 같은 지하 구조물의 개발에 있어 시설 주변의 추가적인 균열발생 및 장기 변형은 구조물의 구조적 안정성 및 장기거동 해석에 있어 중요한 이슈가 된다. 이 중 암반손상대(Excavation Damaged Zone; EDZ)는 굴착 이후의 응력 재분포에 의해 주변 암반의 역학적·수리적 물성변화를 초래하여 추가적인 균열발생 및 지하수의 주요 공급로 역할을 하는 인자이다. 본 연구에서는 암반의 역학적 특성 중 손상대 영역에서의 암반 변형계수 변화에 초점을 두어 현장실험을 수행하였으며, 이 결과를 바탕으로 암반손상영역을 세분화하고 상용 소프트웨어인 FLAC2D를 이용하여 터널거동 변화에 대한 전산해석을 수행하였다.

2. 실험 및 결과

현장실험은 한국원자력연구원 내에 위치하고 있는 지하처분연구시설(KAERI Underground Research Tunnel, KURT)을 대상으로 Goodman jack 시험을 통해 현장 암반의 변형계수를 측정하였다. KURT 내에서 실험이 수행된 구간 및 각각의 실험결과를 아래의 그림 1과 표 1에 나타내었다.

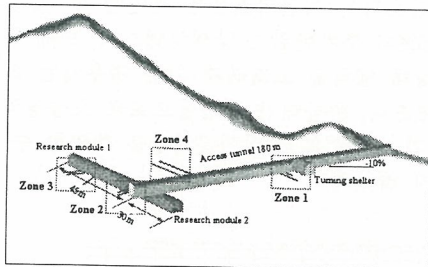


그림 1. Experimental site(KURT) and test area for EDZ study

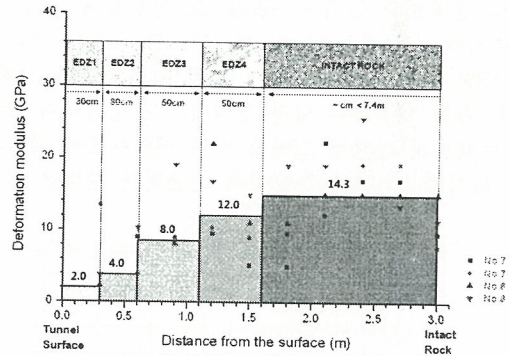


그림 2. Departmentalization of EDZ with a consideration of Zone 4 field data

표 1. Averaged deformation modulus(E_m) of rock mass and the ranges of EDZ in KURT

Parameters		Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
Ave. E_m of Intact rock	Ver.(GPa)	12.2	12.6	17.3	13.9
	Hor.(GPa)	15.9	14.3	15.6	14.2
Ave. E_m of EDZ	Ver.(GPa)	7.8	12.8	8.3	6.1
	Hor.(GPa)	4.9	12.8	3.7	10.7
Range of EDZ(m)		0.6~0.9	Around 0.6	0.6~0.9	1.5~1.8

실험결과 손상대 구간은 KURT 주변에서 전체적으로 0.6~1.8m에 이르렀으며, 손상대 구간에서의 변형계수는 주변 암반에 대해 약 40%에 해당되었다. 터널의 전체 거동에 암반손상대의 영향을 분석하기 위하여 터널 입구로부터 약 150m 지점에서 전산해석을 수행하였다. 이 위치는 그림 1에서 Zone 4에 해당되므로 Zone 4의 변형계수 현장 측정값을 바탕으로 그림 2와 같이 손상대를 총 4구간으로 세분화하였다. 지표면까지의 암반 토피고를 포함하여 터널 크기 및 지보패턴 등 기타 제반사항

은 실제 설계도의 자료를 반영하였다. 또한 모델 입력값인 RMR 값과 점착력 그리고 인장강도는 선
 행연구로 수행되었던 S. Kwon 등(2008)과 이창수 등(2006)의 실험결과를 바탕으로 $E_m=2RMR$
 -100 (Bieniawski Z.T., 1978)과 $\sigma_{cm}=0.5\exp(0.06RMR)$, $C_m=0.25\exp(0.05RMR)$ (Trueman, 1998)의 관
 계식을 이용하여 추정하였다. 전산해석을 통해 암반손상대의 존재 유무에 따른 터널의 암반변위와
 각 지점 별 최대 주응력(Max. principle stress)을 해석하여 아래 표 2에 나타내었다.

표 2. Displacement and Max. principle stress of KURT according to the tunnel type

Parameters		KURT	
		w/o EDZ	w/ EDZ
Displacement ($\times 10^{-3}m$)	Crown	0.35	0.55
	Wall_L	0.57	0.86
	Wall_R	0.39	0.65
	Invert	0.53	0.95
Max. principle stress (MPa)	Crown	-2.98	-1.39
	Wall_L	-1.70	-0.33
	Wall_R	-1.74	-0.32
	Invert	-1.19	-0.99

(-) compression

암반손상대를 고려하지 않은 경우에는 터널 천단에서의 변위가 0.35mm이었으며, 손상대를 고려
 함으로써 터널 변위는 0.55mm로 58% 증가하였다. 그리고 천정부의 최대 주응력은 -2.98MPa에서
 손상대 영역으로 인해 -1.39MPa로 인장응력이 약 53% 감소되어 이완되었음을 확인할 수 있었다.
 암반손상대를 고려함으로써 전체적으로 축점별 평균 약 65%의 추가변위가 발생하였으며, 최대 주응
 력은 58%가 본 실험조건에서 각각 감소되었다. 또한 손상대 영역을 고려하지 않은 경우에는 터널
 좌우측 측벽 하단부에 일정 영역에서 소성영역이 발생하였으나, 손상대가 발생함으로써 소성영역은
 터널 측벽부와 천단부 그리고 터널 바닥근에 약간의 추가 소성영역이 발생되었음을 확인할 수 있
 었다. 하지만 두 경우 모두에서 전단파괴 영역은 발견되지 않았다.

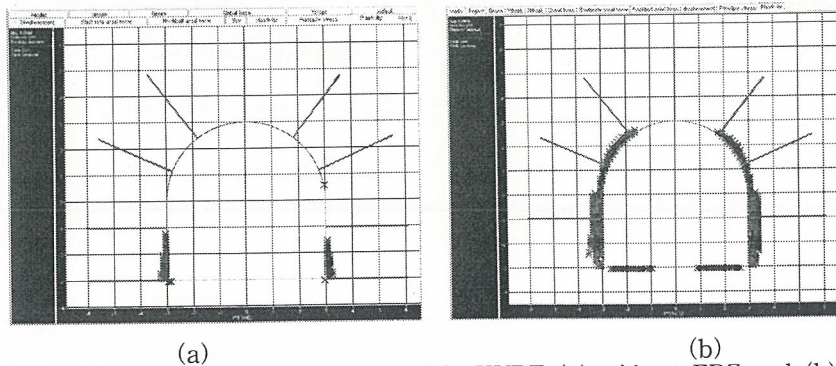


그림 3. Comparison of plasticity zone produced in KURT (a) without EDZ and (b) with EDZ (cross marks in figures mean plasticity indicator)

3. 결론

손상대 영역의 고려는 터널의 추가변위 및 응력이완 그리고 소성영역의 증대를 야기하므로 보
 다 정확한 터널 거동해석을 위해서는 손상대 영역을 고려해 주어야 할 것이며, 고준위폐기물의 장기
 처분을 위해서는 추가적으로 손상대에서의 열적 거동특성 및 지하수와의 상호작용에 대한 후속 연
 구가 필요할 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 교육과학기술부의 원자력 연구개발 중장기 계획사업의 일환으로 수행되었습니다.