

방사성폐기물 처분사일로 폐쇄를 위한 수리적 방벽효과 해석

조성일, 이은용, 김창락

한수원(주) 원자력발전기술원, 대전광역시 유성구 장동 25-1

sicho@khnp.co.kr

우리나라의 중·저준위 방사성폐기물은 경상북도 경주시 양북면에 위치한 월성원자력환경관리 센터 부지에 처분할 예정이다. 2007년 1월, 1단계 10만 드럼 처분규모의 지하처분시설 건설을 위한 인허가를 신청하여 2008년 3월말 현재 규제기관에서 심사 마무리 단계에 있으며, 2009년 말 운영을 목표로 하고 있다. 처분시설은 EL. (-)80m~(-)130m의 지하에 건설되는 원통형(직경 24m) 구조물인 6개의 사일로(silo)로 구성되며, 폐기물은 굴착된 사일로에 설치되는 콘크리트 구조물 내에 처분된다. 본 연구의 목적은 폐쇄 후 콘크리트 구조물과 폐기물 사이(inner; Fig. 1a) 그리고 암반과 콘크리트 구조물 사이(outer; Fig 1b)를 배우는 뒤채움재(backfill material)의 수리특성이 사일로 주변 지하수 유동장(flow field)에 미치는 영향을 분석하고 그 방벽효과를 평가하기 위한 것이다. 뒤채움재로는 국외의 사례를 참고하여 시멘트 몰타르(cement mortar), 쇄석(crushed rock), 벤토나이트(bentonite) 및 벤토나이트와 모래 혼합물을 고려하였다. 사일로의 콘크리트 내·외벽에 뒤채움재의 시공여부에 따라 1차적으로 2개의 case(Fig. 1)로 구분한 후 뒤채움재 물질의 조합에 따라 5가지 폐쇄설계 모델(Table 1)을 구성하여 지하수유동 모델링 프로그램인 Visual Modflow를 통해 지하수 유동장을 분석하고 폐기물을 관통하는 지하수의 침투수량을 해석하였다. 또한 지하수 침투수량의 분석에서는 각 모델별로 콘크리트 구조물의 열화(degradation)에 따른 투수성 변화에 의한 영향을 고려하였으며 이를 비교하여 방벽효과를 평가하였다. 뒤채움재와 암반의 수리특성은 국내외의 문헌자료를 이용하였다(Table 2).

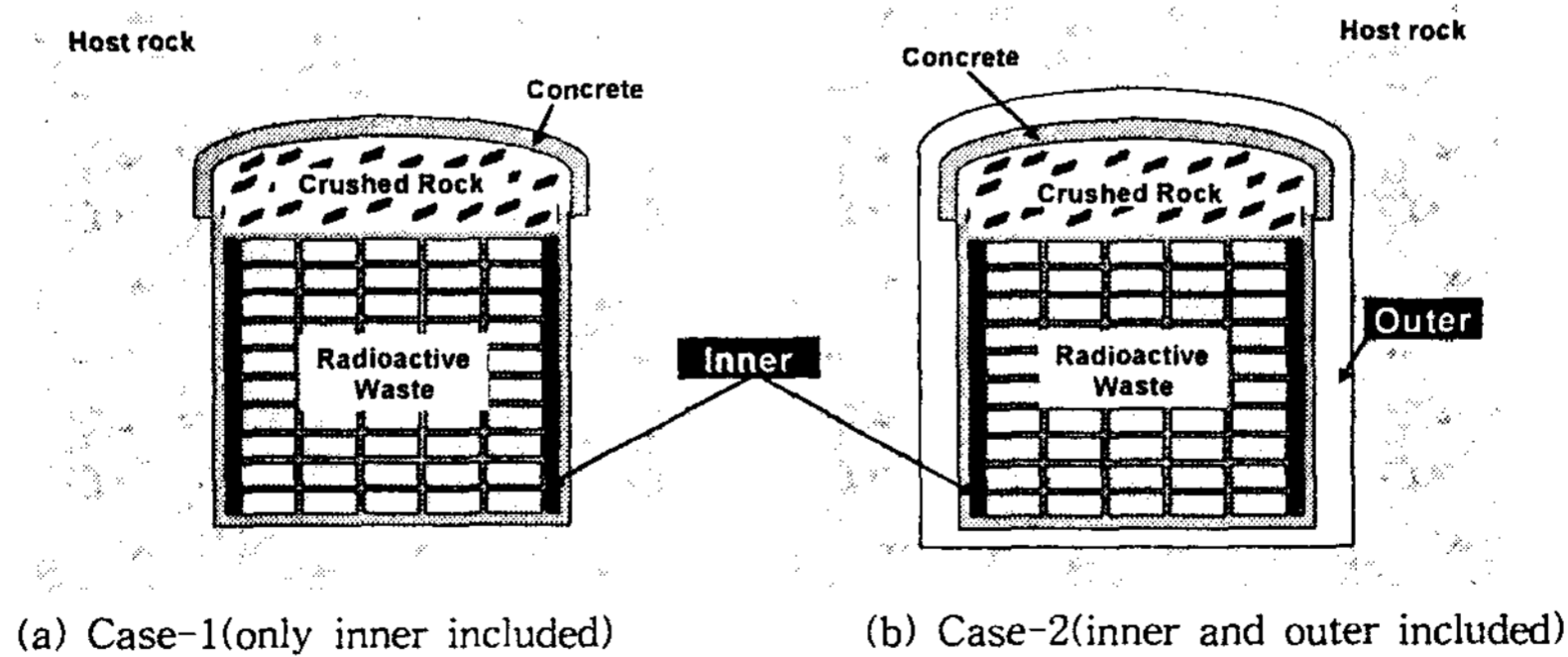


Fig. 1. The closure system of the silo.

Table 1. Composition of backfill material in the model for inflow analysis.

		Inner	Outer
Model	Case-1_M1	Crushed rock	-
	Case-1_M2	Cement mortar	-
	Case-2_M1	Crushed rock	Crushed rock
	Case-2_M2	Crushed rock	Bentonite(10%)+ Sand(90%)
	Case-2_M3	Crushed rock	Bentonite

Table 2. Input parameters used the groundwater flow model [1, 2, 3].

	Before degradation		After degradation	
	Hydraulic conductivity (m/sec)	Porosity	Hydraulic conductivity (m/sec)	Porosity
Concrete	3×10^{-11}	0.15	1×10^{-8}	0.3
Cement mortar	8×10^{-9}	0.3	1×10^{-8}	0.3
Crushed rock	1×10^{-4}	0.3	1×10^{-4}	0.3
Crushed rock + Radioactive waste	1×10^{-4}	0.3	1×10^{-4}	0.3
Bentonite	1×10^{-12}	0.4	1×10^{-11}	0.4
Bentonite(10%)+ Sand(90%)	1×10^{-9}	0.25	1×10^{-8}	0.3
Host Rock	4.19×10^{-7}	0.0035	4.19×10^{-7}	0.0035

모델계산 결과, 콘크리트 구조물의 열화 전에는 콘크리트와 암반사이에 쇄석을 사용한 Case-2_M1과 벤토나이트를 사용한 Case-2_M3 모델이 뒤채움재를 반영하지 않은 Case-1_M1에 비하여 침투수량이 크게 감소하며, 내부에 시멘트 몰탈을 채운 Case-1_M2는 감소 폭이 크지 않다. 열화 전 뒤채움재를 반영한 Case-2_M2 모델이 Case-1_M1보다 침투수량이 상대적으로 증가한 이유는 암반과 콘크리트 사이에 두 매질의 중간값에 해당하는 수리전도도를 갖는 뒤채움재가 채워짐으로써 콘크리트를 우회하는 지하수가 콘크리트를 관통하는 방향으로 유동방향이 바뀌었기 때문으로 판단된다. 콘크리트 구조물의 열화 후에는 벤토나이트를 뒤채움재로 사용한 Case-2_M3의 침투수량이 뒤채움재가 설치되지 않은 경우보다 1/23~1/20까지 큰 감소 폭을 나타낸다. 뒤채움재를 사용하면 침투수량을 줄일 수 있다. 특히 지하수 침투 억제능력은 벤토나이트가 다른 물질에 비하여 현저히 우월한 것으로 평가된다.

Table 3. Inflow in the silo obtained from the modeling.

	Inflow(m ³ /year)	
	Before degradation	After degradation
Case-1_M1	1.27	294.1
Case-1_M2	0.98	229.7
Case-2_M1	0.19	281.1
Case-2_M2	1.32	159.1
Case-2_M3	0.055	14.6

참 고 문 헌

[1] Gabriella Fanger, Kristina Skagius and Marie Wiborgh, 2001, Project SAFE : Complexing agents in SFR, R-01-03, SKB.
 [2] Timo Vieno, Henrik Nordaman, et al., 1998, Report TVO-1/98, VLJ Repository Safety Analysis, Technical Research centre of Finland NEL.
 [3] Jae-Owan Lee, Won-jin Cho and Phil-Soo Hahn, Hydraulic-thermal-mechanical properties and radionuclide release-retarding capacity of Kyungju bentonite, J. of the Korean radioactive waste society, Vol.2(2), p.87-96, June 2004.