

# 방사성물질 수송위험도 평가를 위한 한국형 건축 구조에 대한 감마선 차폐실험 및 MCNP 코드 모사

신상화, 박규태\*, 이재민

TUV Rheinland Korea, 서울시 구로구 구로동 197-28 이앤씨벤처드림타워6차

\* 경희대학교, 경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732

[sanghwa.shin@kor.tuv.com](mailto:sanghwa.shin@kor.tuv.com)

## 1. 서론

국내 원자력발전소에서 발생하는 방사성물질은 중간 저장시설 운영에 대한 운반을 고려하여, 수송위험도 평가시 작업자 및 일반 주민에 대한 선량평가가 이루어져야 하고, 선량 평가시 차폐계수에 따라 피폭평가가 달라진다. 국외에서는 주거 환경에 적합한 건축물 차폐계수를 산출하는 연구를 수행하였다. 국가별로 건축구조 형태 및 주거 밀집 형태, 그리고 구조재의 특성이 다르기 때문에 이에 따라 외부 선원으로부터의 피폭 평가가 달라지기 때문이다. 미국의 경우 방사성 물질의 운반 경로 거주자에 대한 피폭 영향 평가를 위하여 지역 특성이 반영된 차폐 계수값을 산출하였다. 미국은 80년대 이전부터 해당 결과를 산출하였으며, 유럽의 경우는 80년대 중반에서 90년대 초반, 그리고 그 외 국가의 경우 90년대에 관련 연구를 수행한 사례가 있다.

일반적인 지역 차폐 계수의 산출 외에 건물 구조에 대해 세부적인 차폐 계수를 제시한 연구도 있다. 이는 지역 특성별 차폐 계수가 외벽을 중심으로 산정한 것과 달리 일반적인 건축 구조물의 지하에서부터 옥상까지의 구조 형태 및 구조재를 분석하여 각 특성별 차폐 계수를 산출하였다. 미국에서 목재 또는 콘크리트 구조물을 고려하여 차폐 계수를 산정한 것과 달리 유럽에서는 석재 구조물을 중심으로 차폐 계수를 산정하였다. 이는 유럽은 아직까지 수세기 이전의 건축물이 다수 존재하는 것을 고려한 것으로 유럽 환경을 고려한 결과이다. 브라질에서는 다층 구조의 외벽을 고려하여 차폐계수를 산출하였다. 브라질의 가옥 구조가 시멘트 구조물에 진흙 벽돌을 적용한 것을 고려한 것이다.

본 연구에서는 한국의 주거 환경을 분석하여 한국형 건축 구조물의 특성을 반영한 차폐 구조를 설계 제작 후 해당 물질에 대한 차폐 계수를 산출하는데 목적이 있다.

## 2. 재료 및 방법

한국형 건축물의 감마선 차폐실험을 수행하기 위하여 감마선원은 9.5 Ci의  $^{137}\text{Cs}$ , 감마에너지는 0.317 MeV를 사용하였다. 한국 가옥 구조의 아파트구조와 주택구조의 시편을 높이 40 mm, 넓이 50 mm, 철근콘크리트의 두께는 15 cm, 20 cm, 25 cm 별로 제작하였다. 이때, 아파트구조의 조건으로 건축물에 사용되는 단열재의 두께 설정은 50 mm 설정하였다. 그 근거로는 건축물 설비 기준중에 관한 규칙의 단열재 두께 기준표에서 단열재 종류별, 지역에 따른 두께를 참고하였다. 벽체 두께 설정은 아파트의 경우 5층 이상의 건물이라고 보고, 국토해양부 구조 설계 지침에 따라 5층 이상의 건물일 경우 철근콘크리트 외벽의 두께는 20 cm로 설정하였다. 주택구조는 건축물 설비 기준중에 관한 규칙에 따라 기초판은 철근콘크리트구조로 하고, 기초벽의 두께는 250 mm 이상으로 하였다. 조적조 벽돌의 주택 구조의 경우 벽체의 표준두께는 35 mm정도이나 보통 20~25 mm의 두께를 사용한다. 적벽돌 벽체의 두께를 90 mm로 설정하였으며, 단열재의 두께는 아파트와 동일하게 50 mm로 설정하였다

Table 1. Thickness of concrete wall.

구분		주택	아파트
시멘트 콘크리트	외벽 두께 (cm)	5, 10	5, 10
철근 콘크리트	외벽 두께 (cm)	15, 20, 25	15, 20, 25



Fig. 1. Section of apartment structure.

실험방법은 백그라운드를 측정하고, 비차폐 조건에서의 선량값을 측정하여 각 구조제 조건별 선량값과 비교하여 건축물 구조에 따른 차폐실험을 수행하였다.

MCNP 코드 모사는 실험을 바탕으로 구조제 조건별 Geometry를 구성하고, 각 구조제 구성물질의 Input 데이터를 작성하고, F6\* tally를 사용하여 모델링 하였다.

### 3. 결과 및 고찰

Table 2는 한국형 가옥 구조의 구조제 조건별 감마차폐 실험데이터와 MCNP 모델링에 의한 결과값이다. Blank는 비차폐 조건, Concrete는 철근 콘크리트 두께별 단일 구조, Housing는 철근콘크리트 두께별 주택구조, Apartment는 철근콘크리트 두께별 아파트 구조를 의미한다. 아래와 같이 구조제 조건별 차폐율이 실험데이터와 MCNP 데이터의 유사함을 알 수 있다.

Table 2. Comparison of experimental data & MCNP results.

	<sup>137</sup> Ir 차폐실험		MCNP Output		오차 (%)
	mSv/h	차폐율 (%)	mSv/h	차폐율 (%)	
Blank	21.68	0	21.14	0	0
Concrete 15cm	2.92	86.53	3.51	83.41	3.61
Concrete 20cm	1.72	92.07	1.56	92.64	0.62
Concrete 25cm	0.84	96.13	0.70	96.69	0.59
Housing Concrete15cm	0.64	97.05	0.21	99.00	2.01
Housing Concrete20cm	0.44	97.97	0.12	99.43	1.49
Housing Concrete25cm	0.32	98.52	0.08	99.64	1.13
Apartment Concrete15cm	1.12	94.83	0.70	96.70	1.96
Apartment Concrete20cm	0.64	97.05	0.34	98.41	1.41
Apartment Concrete25cm	0.40	98.15	0.16	99.22	1.09

### 4. 결론

본 연구는 한국 환경에 적합한 감마 차폐계수를 산출하기 위하여 한국의 가옥 구조를 분석하여 한국 건축 구조물의 특성을 반영한 주택구조 및 아파트구조에 대한 차폐계수를 산출하였다. 주택구조가 아파트구조보다 감마선 차폐율은 1~3% 정도로 차폐율이 높게 측정되었다. 그 이유는 아파트구조가 주택구조보다 벽체는 두꺼우나 주택구조에는 외부벽에 밀도가 높은 적벽돌로 인하여

차폐효율이 더 높은 것으로 판단된다. 또한 산출된 지역 특성별 차폐계수는 도심 및 비도심, 주택구조 및 아파트구조물의 특성에 따른 차폐율이 거의 유사하므로 건축구조물에 따른 차폐율의 차이는 없는 것으로 판단된다. 실험결과를 기반으로 산정된 감마 차폐계수는 평균 0.866임을 나타내었다.

미국에서 개발한 방사성물질 수송위험도 평가 프로그램 RADTRAN에서도 본 연구와 마찬가지로 지역 차폐 계수값을 산정하여 적용하도록 되어 있다. 또한 다양한 환경영향평가 프로그램에서도 방사성 물질에 의한 사고 조건 평가시 사고 대상 지역의 차폐계수값을 적용하도록 설계가 되어 있는 경우가 많이 있다. 미국 도심의 경우 우리나라와 유사하게 철근 콘크리트 건물이 밀집해 있으며 실내 활동 시간이 실외 활동 시간에 비하여 높은 비율을 차지한다. 그러나 시골의 경우는 목조 등의 간단한 구조물이 많으며 실외 활동 시간의 비율이 높다. 이에 따라 RADTRAN에서 사용한 지역 차폐 계수는 지역 특성에 따라 확연히 구분되는 주거 형태 및 활동 특성의 차이에 따라 차폐 계수값이 크게 변화한다. 그러나 본 연구에서 인문 자료의 수집 결과 우리나라는 지역의 구분에 크게 상관없이 철근 콘크리트 또는 콘크리트 구조물이 대다수를 구성하고 있으며 활동 시간도 크게 차이가 없는 것으로 나타나고 있다. 다만 미국의 경우는 특정 구조물의 형태 뿐만 아니라 지역의 건물 밀집도를 반영하여 평가하고 있으나 본 연구에서는 특정 구조물만을 대상으로 차폐 계수를 설정한 차이가 있다. 이는 추후 미국뿐만 아니라 다른 나라의 차폐 계수 설정 사례를 종합적으로 분석하여 가장 타당한 값으로 재산출이 가능하다.

### 5. 참고문헌

- [1] I. C. P. Salinas, Radiation Protection Dosimetry (2006), Vol 121, No. 4, pp. 420-424, "Gamma shielding factor for typical houses in brazil".
- [2] P. Jacob and R. Meckbach, Radiation Protection Dosimetry, Vol 21, No. 1/3, pp. 79-85(1987), "Shielding factors and external dose evaluation".
- [3] J. Radiol. Prot. 1989 Vol. 9 No 4 237-240, "Structure shielding of a tractor against ground-deposited radioactive fall-out".
- [4] RISO-M-2474, Riso national laboratory, DK 4000 Roskilde, Denmark, "Calculated shielding factors for selected european. houses".